



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA- UniCEUB
FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FILIPPE CAIXETA CARVALHO

**INFLUÊNCIA DO INTERVALO DE ASSENTAMENTO
DO REVESTIMENTO NA ADERÊNCIA COM A
IMPERMEABILIZAÇÃO CIMENTÍCIA**

Brasília
2014

FILIPPE CAIXETA CARVALHO

**INFLUÊNCIA DO INTERVALO DE ASSENTAMENTO
DO REVESTIMENTO NA ADERÊNCIA COM A
IMPERMEABILIZAÇÃO CIMENTÍCIA**

Trabalho de Curso (TC) apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas (FATECS) do Centro Universitário de Brasília (UniCEUB).

Orientadora: Prof.^a M.Sc Irene de Azevedo Lima Joffily

Brasília
2014

FILIPPE CAIXETA CARVALHO

**INFLUÊNCIA DO INTERVALO DE ASSENTAMENTO
DO REVESTIMENTO NA ADERÊNCIA COM A
IMPERMEABILIZAÇÃO CIMENTÍCIA**

Trabalho de Curso (TC) apresentado como um dos requisitos para a conclusão do curso de Engenharia Civil da Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas (FATECS) do Centro Universitário de Brasília (UniCEUB).

Orientadora: Prof.^a M.Sc Irene de Azevedo Lima Joffily

Brasília, 05 de Junho de 2014.

Banca Examinadora

Eng^a. Civil: Irene de Azevedo Lima Joffily, M.Sc.
Orientadora.

Prof.^a Eliane Kraus de Castro, DSc (UnB)
Examinadora Externa

Prof. Flávio de Queiroz Costa, M.Sc (UniCEUB)
Examinador Interno

**“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não
sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não
sou o que era antes”. (Marthin Luther King)**

AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder incessantemente a força e o equilíbrio necessários perante todos os obstáculos da minha vida.

À minha orientadora Irene Joffily pela dedicação e compromisso fundamentais no desenvolvimento e sucesso deste trabalho.

Ao UniCEUB, por fornecer toda a estrutura necessária ao desenvolvimento dos ensaios deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Solos e Materiais do UniCEUB (Vanilson, Dida e Régis) pelo apoio e dedicação na realização da parte experimental dessa pesquisa.

À minha família que com todo carinho e dedicação se empenharam e me apoiaram para que eu vencesse mais uma etapa em minha vida.

À minha namorada que com todo carinho e amor me auxiliou na elaboração deste trabalho.

Ao meu filho, que me impulsionou e me deu ânimo para vencer mais esta etapa.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	OBJETIVO GERAL.....	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1	IMPERMEABILIZAÇÃO.....	14
2.1.1	Definição e classificação.....	14
2.1.2	Impermeabilização Rígida.....	16
2.1.3	Impermeabilização flexível.....	17
2.1.4	Camadas do sistema de impermeabilização	18
2.2	IMPERMEABILIZAÇÃO CIMENTÍCIA.....	19
2.2.1	Argamassa polimérica.....	23
2.2.2	Resina termoplástica.....	27
2.3	ARGAMASSA COLANTE.....	30
2.4	REVESTIMENTO CERÂMICO.....	32
2.4.1	Pastilhas de vidro.....	33
2.5	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA.....	35
2.5.1	Mecanismos e Fatores que Influenciam na Aderência.....	35
2.5.2	Normalização	38
3	METODOLOGIA	42
3.1	SUBSTRATO, IMPERMEABILIZAÇÃO E REVESTIMENTO.....	43
3.1.1	Execução do Substrato	43
3.1.2	Execução da Impermeabilização Cimentícia	46
3.1.3	Execução do revestimento cerâmico	49
3.2	ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO	52
3.2.1	Colagem das Pastilhas metálicas	52
3.2.2	Corte do revestimento.....	53
3.2.3	Ensaio de Resistência à Aderência	54
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	56
4.1	ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO IMPERMEABILIZANTE A	56
4.2	ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO IMPERMEABILIZANTE B	60
4.3	ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO IMPERMEABILIZANTE C	64
4.4	COMPARATIVO ENTRE OS IMPERMEABILIZANTES E O CORPO-DE-PROVA PADRÃO.....	68
5	CONCLUSÃO	74
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
5.2	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	75
6	REFERÊNCIAS.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Porcentagem de investimentos nas edificações	15
Figura 2- Camadas genéricas de um sistema de impermeabilização dos pisos do pavimento-tipo.....	19
Figura 3- Sistemas e classificações dos compósitos de concreto-polímero	24
Figura 4- Aplicação de pastilhas de vidro.....	34
Figura 5- Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre superfícies porosas.....	37
Figura 6- Mecanismos de adesão mecânica.....	38
Figura 7- Posicionamento das placas cerâmicas	40
Figura 8- Tipos de rupturas.....	41
Figura 9- Ensaio para execução dos corpos-de-prova	45
Figura 10- Moldagem e cura dos corpos-de-prova.....	45
Figura 11- Preparação do impermeabilizante	48
Figura 12- Aplicação do impermeabilizante	49
Figura 13- Preparação da argamassa colante	50
Figura 14- Aplicação do revestimento cerâmico.....	51
Figura 15- Colagem das pastilhas metálicas.....	53
Figura 16- Cortes para execução do ensaio	53
Figura 17- Ensaio de resistência à aderência	55
Figura 18- Formas de ruptura predominantes (impermeabilizante A).....	59
Figura 19- Superfícies dos substratos (impermeabilizante A)	60
Figura 20- Formas de ruptura predominantes (impermeabilizante B).....	63
Figura 21- Superfícies dos substratos (impermeabilizante B)	64
Figura 22- Formas de ruptura predominantes (impermeabilizante C)	67
Figura 23- Superfícies dos substratos (impermeabilizante C)	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais vantagens e desvantagens do sistema de impermeabilização cimentícios.....	20
Tabela 2- Propriedades dos cimentos cristalizantes e das argamassas poliméricas semi-flexíveis.	22
Tabela 3- Tipo e descrição da argamassa colante industrializada.	31
Tabela 4- Requisitos para argamassa colante	31
Tabela 5- Nomenclaturas e combinações	43
Tabela 6- Traço dos materiais utilizados.....	44
Tabela 7- Proporção e especificação impermeabilizante A.....	46
Tabela 8- Proporção e especificação impermeabilizante B.....	47
Tabela 9- Proporção e especificação impermeabilizante C.....	47
Tabela 10- Tipos de ruptura.....	55
Tabela 11- Resistência à aderência do impermeabilizante A.....	57
Tabela 12- Resistência à aderência impermeabilizante B.....	61
Tabela 13- Resistência à aderência impermeabilizante C.....	65
Tabela 14- Resistência à aderência corpo-de-prova padrão	69
Tabela 15- Resultados e análise global por painel.....	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Média das resistências de aderência e cv. (impermeabilizante A).....	58
Gráfico 2- Média dos tipos de ruptura (impermeabilizante A).....	59
Gráfico 3- Média das resistências de aderência e cv. (impermeabilizante B).....	62
Gráfico 4- Média dos tipos de ruptura (impermeabilizante B).....	63
Gráfico 5- Média das resistências de aderência e cv. (impermeabilizante C).....	66
Gráfico 6- média dos tipos de ruptura (impermeabilizante C).....	67
Gráfico 7- Média das resistências de aderência e cv. (comparativo).....	70
Gráfico 8- Média dos tipos de ruptura (comparativo).....	71
Gráfico 9- Média dos tipos de ruptura (corpo-de-prova padrão).....	72
Gráfico 10- Comportamento das médias das resistências de aderência (comparativo)	73

RESUMO

A impermeabilização é um processo que confere proteção à edificação contra a passagem de fluidos, assegurando a salubridade do ambiente, o conforto e a segurança do usuário, tornando-se assim um fator importante na construção civil. Lamentavelmente, essa etapa vem sendo rejeitada, na maioria das vezes por cortes de custos e desinformação, ocasionando assim o aparecimento de patologias. Em relação ao revestimento, a impermeabilização cimentícia é a camada intermediária entre o substrato de concreto e a argamassa colante. Entretanto, a aderência do revestimento tem apresentado resultados insatisfatórios culminando em destacamentos. Diante disso, este trabalho tem como objetivo verificar a influência do intervalo de assentamento do revestimento na aderência sobre impermeabilização cimentícia. Foram realizados dez corpos-de-prova em laboratório, sendo um de referência, sem a presença do impermeabilizante, e três corpos para cada tipo de impermeabilizante: argamassa polimérica; resina termoplástica com e sem fibra, seguindo as normas da NBR 12171 (ABNT, 1992). O intervalo entre a aplicação da impermeabilização e o assentamento do revestimento foi de 3, 6 e 12 dias. A aderência foi analisada 28 dias após sua aplicação sobre o impermeabilizante, visto que a argamassa colante necessita desse intervalo para obter resistência, conforme especificado na norma NBR 14081-2 (ABNT, 2012). De forma geral, observou-se que os produtos atendem a aderência mínima de norma e aumentam com a rugosidade da superfície do corpo-de-prova, sendo que o intervalo de assentamento do revestimento não influencia negativamente na aderência quando realizado em laboratório.

Palavras-Chave: Impermeabilização cimentícia. Revestimento. Aderência.

1 INTRODUÇÃO

A umidade, desde tempos remotos, é considerada um desafio para a construção civil. Os problemas relacionados a ela fizeram com que o homem fosse aprimorando seus métodos construtivos e isolando sua habitação. Entre os principais fatores de desgaste e depreciação das construções podemos citar a água, o calor e a abrasão – a água, principalmente, devido ao seu poder de penetração.

A impermeabilização é uma técnica que consiste na aplicação de produtos específicos com o objetivo de promover a estanqueidade das diversas áreas de uma edificação contra a ação de águas e a passagem de líquidos, impedindo assim a ascensão capilar da umidade do solo ou a infiltração de águas superficiais.

Devido ao fato de não estar visualmente aparente após a edificação estar concluída, a impermeabilização muitas vezes é negligenciada, não sendo atribuída a ela a importância necessária. Sua ausência ou má aplicação tornam-se um dos principais problemas da construção civil.

A sua omissão pode provocar o surgimento de patologias decorrentes da infiltração de fluidos nas superfícies e estruturas da edificação, prejudicando a durabilidade da construção. O ambiente torna-se desagradável e insalubre devido à umidade e ao aparecimento de patologias integradas ao oxigênio e outros componentes agressivos da atmosfera.

A argamassa polimérica, devido ao seu baixo custo e a facilidade de aplicação, tornou-se um dos sistemas de impermeabilização mais utilizados. O produto é indicado para evitar infiltrações e conter a umidade de áreas frias, como, lavabos, áreas de serviço, banheiros e cozinhas. O sistema também é utilizado para estruturas de concreto sujeitas a pouca ou nenhuma movimentação, caso de reservatórios e piscinas enterrados, baldrame, rodapés, cisternas e subsolos.

No caso dos banheiros e piscinas, geralmente, o revestimento é assentado diretamente sobre a impermeabilização. Contudo, alguns produtos

impermeabilizantes podem formar película em sua superfície resultando em deficiência na aderência da argamassa colante sobre as mesmas. Desta forma, é relevante a preocupação com a estabilidade do sistema cerâmico e a ocorrência de problemas de destacamentos de placas nestes locais.

Para analisar, portanto, a aderência aplicável em sistema de impermeabilização é feito um ensaio especificado pela norma NBR 12171 (ABNT, 1992). O principal objetivo deste ensaio é definir em qual camada do sistema está ocorrendo a maior incidência de ruptura, mostrando assim a situação da ligação entre as camadas. Ou ainda, investigar se o valor de resistência de aderência à tração está de acordo com o prescrito em norma.

1.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo geral analisar, por meio do ensaio de resistência à aderência, a influência do intervalo de assentamento do revestimento sobre diferentes camadas impermeabilizantes, são elas: argamassa polimérica; resina termoplástica com e sem fibras sintéticas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos da pesquisa, buscou-se:

- Verificar se o intervalo recomendado pelo fabricante atinge a aderência mínima especificada pela norma;
- Comparar a aderência nos diferentes tipos de impermeabilizantes de um mesmo fabricante;
- Estabelecer a melhor idade para a aplicação do revestimento cerâmico sobre o substrato impermeabilizado;

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, a saber:

- **Introdução:** no qual é apresentada uma breve descrição da motivação para a realização do trabalho e algumas conceituações em caráter introdutório. Além disso, o capítulo traz o objetivo geral e específico do trabalho;
- **Revisão bibliográfica:** onde são abordados de forma aprofundada os conceitos de: impermeabilização, impermeabilização cimentícia, argamassa colante, revestimento cerâmico e resistência de aderência, os quais são a fundamentação teórica do trabalho e que servem como embasamento da parte prática do mesmo;
- **Metodologia:** capítulo que contém as etapas dos procedimentos de execução do ensaio, de forma a descrever a parte prática desenvolvida no trabalho;
- **Apresentação e análise dos resultados:** no qual são apresentados os resultados obtidos no ensaio e em seguida são apresentadas as discussões e interpretações de tais resultados, com o objetivo de evidenciar e entender as variáveis que influenciam cada etapa do processo;
- **Conclusões:** é o último capítulo e traz, além das conclusões finais do trabalho, algumas sugestões de temas a serem abordados em pesquisas futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir serão apresentados alguns conceitos sobre os seguintes temas: impermeabilização, impermeabilização cimentícia, argamassa colante, revestimento cerâmico e resistência de aderência. Tais tópicos são necessários para a melhor compreensão do trabalho e, ao mesmo tempo, apropriados para apresentarem a importância na metodologia de estudo do mesmo.

2.1 IMPERMEABILIZAÇÃO

2.1.1 Definição e classificação

Segundo a norma NBR 9575 (ABNT, 2003), impermeabilização é o produto resultante de um conjunto de componentes e serviços que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade. Geralmente a impermeabilização é composta de um conjunto de camadas, com funções específicas.

A impermeabilização é considerada uma atividade especializada dentro da construção civil, sendo um setor que exige certo conhecimento, no qual detalhes assumem um papel importante e onde a mínima irregularidade, mesmo localizada, pode comprometer todo o serviço (PICCHI, 1986).

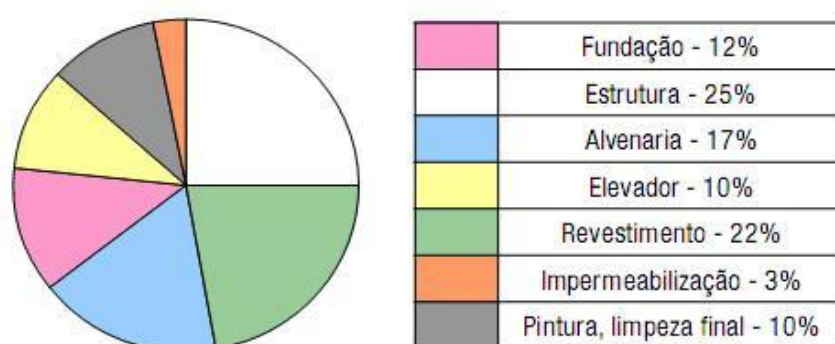
Realizar a impermeabilização durante a obra é mais acessível e econômico, pois à medida que surgem patologias relacionadas à umidade o ambiente torna-se insalubre e desagradável, uma vez que os agentes conduzidos pela água ou presentes no ar causam prejuízos financeiros e estruturais difíceis de serem contornados.

O projeto de impermeabilização é uma etapa fundamental, visto que, permite um controle mais eficiente da execução e especifica quais acabamentos podem ser mais vulneráveis a infiltrações, reduzindo a ocorrência de patologias. O projeto básico de impermeabilização consiste:

“Conjunto de informações gráficas e descritivas que definem as soluções de impermeabilização a serem adotadas numa dada construção, de forma a atender às exigências de desempenho em relação à estanqueidade dos elementos construtivos e à durabilidade frente à ação de fluidos, vapores e umidade” NBR 9575 (ABNT, 2003).

O custo da implantação da impermeabilização em uma edificação pode ser observado na Figura 1.

Figura 1- Porcentagem de investimentos nas edificações



Fonte: VEDACIT, 2009, p. 6

Os sistemas de impermeabilização podem ser classificados de várias maneiras. As classificações possibilitam assimilar as diferenças entre os sistemas, permitindo a investigação do sistema que mais se adapta a determinadas exigências de impermeabilização (BAUER; VASCONCELOS; GRANATO, 2010).

Quanto à aderência ao substrato, os sistemas de impermeabilização podem ser classificados como:

- Aderido: Quando o material impermeabilizante é totalmente fixado ao substrato, seja por fusão do próprio material ou por colagem com adesivos, asfalto quente ou maçarico.
- Semi-aderido: Quando a aderência é parcial e localizada em alguns pontos, como platibandas e ralos.
- Flutuante: Quando a impermeabilização é totalmente desligada do substrato; é utilizada em estruturas de grande deformabilidade.

Segundo a NBR 9574(ABNT, 2008), os sistemas impermeabilizantes podem ser divididos em rígidos e flexíveis, que estão relacionados às partes construtivas sujeitas ou não a fissuração.

2.1.2 Impermeabilização Rígida

A NBR 9575 (ABNT, 2010) denomina impermeabilização rígida como o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas partes construtivas não sujeita à movimentação.

Os impermeabilizantes rígidos possuem baixa capacidade de absorver deformações da base e não trabalham junto com a estrutura, o que leva a exclusão de áreas expostas a grandes variações de temperatura (Vedacit, 2009).

Segundo a Vedacit (2009), o sistema de impermeabilização rígido é indicado para estruturas que não se movimentam ou que não sofrem deformações, como por exemplo, caixa d'água, piscina enterrada e fundações.

De acordo com a NBR 9574 (ABNT, 2008)os sistemas de impermeabilização classificados como rígidos são:

- argamassa impermeável com aditivo hidrófugo;
- argamassa modificada com polímero;
- argamassa polimérica;
- cimento cristalizante para pressão negativa;
- cimento modificado com polímero;
- membrana epoxídica;

2.1.3 Impermeabilização flexível

De acordo com a NBR 9575 (ABNT, 2010), o sistema de impermeabilização flexível é o conjunto de materiais ou produtos aplicáveis nas partes construtivas sujeitas à fissuração.

Conforme a Vedacit (2009), o sistema de impermeabilização flexível pode ser de dois tipos, moldadas no local e chamadas de membranas ou pré-fabricadas e chamadas de mantas.

As membranas podem ou não ser estruturadas. Como principais estruturantes pode-se incluir a tela de poliéster termo estabilizada, o véu de fibra de vidro e o não tecido de poliéster. O tipo de estruturante é definido conforme as solicitações de cada área e dimensionamento de projeto.

Os sistemas flexíveis são empregados em estruturas sujeitas a variações térmicas ou grandes vibrações, recalques, cargas dinâmicas e/ou forte exposição solar, visto que suportam deformações da base com amplitudes variáveis. São indicados para terraços, lajes de coberturas, piscinas sobre lajes e jardins elevados.

Conforme a norma NBR 9574 (ABNT, 2008), os sistemas de impermeabilização do tipo flexível são:

- Membrana acrílica;
- Membrana de polímero modificado com cimento;
- Membrana de asfalto elastomérico em solução;
- Membrana de asfalto modificado sem adição de polímero;
- Membrana de asfalto modificado com adição de polímero elastomérico;
- Membrana elastomérica de estireno-butadieno-estireno (SBS);
- Membrana elastomérica de policloropreno e polietileno clorossulfonado;
- Membrana elastomérica de polisobutileno-isopreno (I.I.R), em solução;
- Membrana de emulsão asfáltica;
- Membrana de poliuretano;
- Membrana de poliuretano modificado com asfalto;

- Membrana de poliuréia;
- Manta asfáltica;
- Manta de acetato de etilvinila (E.V.A);
- Manta elastomérica de etilenopropilenodieno-monômero (E.P.D.M.);
- Manta elastomérica de poliisobutileno-isopreno (I.I.R);
- Manta de policloreto de vinila (P.V.C);
- Manta de polietileno de alta densidade (P.E.A.D.).

2.1.4 Camadas do sistema de impermeabilização

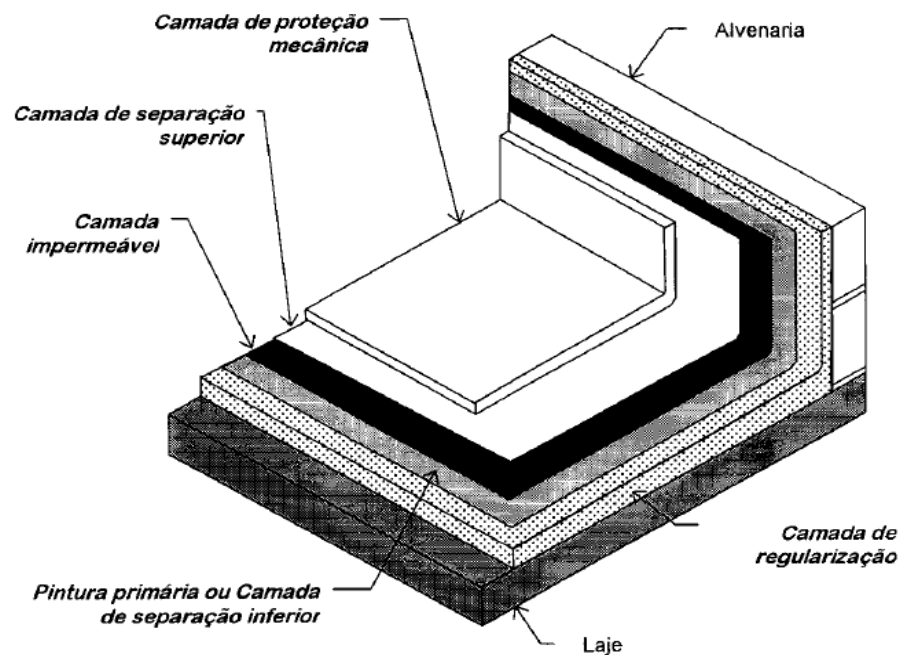
O sistema de impermeabilização é considerado como o “ conjunto de camadas aplicadas sobre uma superfície, envolvendo uma determinada tecnologia construtiva, com a função de garantir o desempenho do elemento quanto à estanqueidade á água.” Desta maneira, quando se fizer referência a sistemas de impermeabilização, estar-se-á considerando não somente a camada responsável pela estanqueidade, denominada de camada impermeável, mas o conjunto de todas as camadas necessárias para a sua aplicação e proteção(SABADINI; MELHADO, 1998).

A seguir serão descritas as funções das camadas mais utilizadas, que encontram-se esquematizadas na Figura 2.

- Camada Suporte: camada sobre o qual se aplica a camada impermeável.A superfície da camada suporte deve ser regular, lisa, sem protuberâncias ou materiais desagregados e, deve ainda, seguir as normas especificadas na NBR 12190 (ABNT, 1990). Se isso não puder ser realizado na estrutura portante, deve-se realizar a camada de regularização.
- Camada de Regularização: camada que possui a função de corrigir eventuais irregularidades da superfície que está em contato com o sistema de impermeabilização e proporcionar certa declividade ou caimento.
- Camada Impermeável: é a camada responsável por garantir a estanqueidade do sistema. Pode ser obtida pela aplicação de uma única ou várias camadas.

- Camada de separação: camada aplicada entre duas outras camadas, impedindo a aderência entre ambas e permitindo movimentos diferenciais.
- Proteção Mecânica: camada cuja função é proteger a impermeabilização de danos causados por ações estáticas, dinâmicas e térmicas.

Figura 2- Camadas genéricas de um sistema de impermeabilização dos pisos do pavimento-tipo



Fonte: Sabadini;Melhado (1998)

2.2 IMPERMEABILIZAÇÃO CIMENTÍCIA

Conforme Souza (1997), os sistemas de impermeabilização cimentícios são definidos como:

“Sistemas de impermeabilização cuja camada impermeável é constituída por materiais à base de cimentos adicionados a resinas, que conferem impermeabilidade pela formação de uma película” (SOUZA, 1997)

Os sistemas de impermeabilização cimentícia são constituídos à base de cimentos, com areias especiais e aditivos ou adesivos que criam características das mais variadas, como uma camada de baixa espessura e alta resistência. Os adesivos mais recorrentes são acrílicos e PVA. Os mais conhecidos são os cristalizantes e as argamassas poliméricas(SIQUEIRA, 2007).

Para promover o tamponamento dos poros e a formação de uma película impermeável na superfície do sistema, os sistemas de impermeabilização cimentícia possuem a formação de cristais junto ao elemento. Esta película é a principal responsável pela estanqueidade do sistema.

Tomando como modelo o trabalho de SOUZA (1997) e realizando as modificações necessárias, desenvolveu-se a Tabela 1 com as principais vantagens e desvantagens do sistema:

Tabela 1-Principais vantagens e desvantagens do sistema de impermeabilização cimentícios.

VANTAGENS	
Pequena espessura	A espessura final do sistema é pequena, devido a não necessidade de proteção mecânica e em alguns casos, não há necessidade de camada de regularização.
Não exige proteção mecânica	A maioria dos fabricantes cita a não necessidade desta camada, aplicando o revestimento final direto na impermeabilização.
Flexibilidade	Dependendo da quantidade de polímeros inseridos, a camada passa a ser mais flexível, podendo absorver certas deformações do suporte.
Facilidade de aplicação	Não exige especificidade em sua aplicação.
DESVANTAGENS	
Camada impermeável rígida	Com pequenas quantidades de polímeros, esta camada pode ser considerada como rígida, não recomendada a suportes com grandes deformações.
Várias camadas ou demãos	Aplicar várias demãos exige tempo de cura entre elas, o que pode limitar sua utilização.
Necessidade de camada de regularização	Esses sistemas que os substratos estejam bem coesos e homogêneos, necessitando em alguns casos a execução da camada de regularização.

Fonte: Adaptado de Souza(1997)

Segundo Bauer, Vasconcelos & Granato (2010), nos cimentos impermeabilizantes o cimento participa como aglomerante, apresentando propriedades impermeabilizantes quando misturado com emulsões acrílicas. O produto é bicomponente, sendo o primeiro componente a dispersão acrílica e o segundo componente o cimento e a adição de minerais.

Os cimentos impermeabilizantes podem ser subdivididos em três grupos de acordo com Bauer, Vasconcelos e Granato (2010), sendo:

- *Cimentos Cristalizantes*: Constituem um sistema à base de cimentos e aditivos químicos minerais, a aderência com o substrato ocorre através da penetração osmótica pela porosidade do mesmo;
- *Argamassa Polimérica Semiflexível*: Produto composto por cimento, aditivos químicos e emulsões poliméricas. O princípio de funcionamento do produto é o mesmo dos cimentos cristalizantes, por pressão osmótica, todavia se diferem na qualidade da emulsão polimérica e dos aditivos presentes no componente cimento, que além de funcionar pela ação de cristalização, forma uma membrana com elevada impermeabilidade.
- *Argamassa Polimérica Flexível*: São argamassas com flexibilidade, sua principal diferença com as demais é não ter limitações de uso em estruturas sujeitas a movimentações e/ou leve fissurações. O maior teor polimérico presente na emulsão acrílica favorece a formação de uma membrana final seca e flexível quando depositada no produto, contudo, não é aconselhável sua utilização em locais com pressões negativas, pelo risco de embolhamento. Ao contrário dos outros cimentos, nesse sistema a membrana formada é bem mais importante, ao invés da deposição polimérica no substrato.

A Tabela 2 apresenta as principais propriedades dos cimentos cristalizantes e das argamassas poliméricas semi-flexíveis.

Tabela 2- Propriedades dos cimentos cristalizantes e das argamassas poliméricas semi-flexíveis.

CIMENTO IMPERMEABILIZANTE	PROPRIEDADES
Cimentos Cristalizantes	<ul style="list-style-type: none"> • Incorpora-se ao Substrato; • Elevada vida útil devido ser composto de base mineral; • Sistema de impermeabilização rígido, não mantendo a impermeabilização na presença de fissuras; • Não altera a potabilidade a água.
Argamassas Poliméricas	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente aderência ao substrato devido pelo comportamento de emulsão polimérica, além do poder aglomerante do cimento; • Possui pouca flexibilidade (semiflexível) e abaixo módulo de deformação; • Permite a incorporação de armaduras de tela de nylon ou poliéster para reforços de áreas críticas; • Não altera a potabilidade a água.

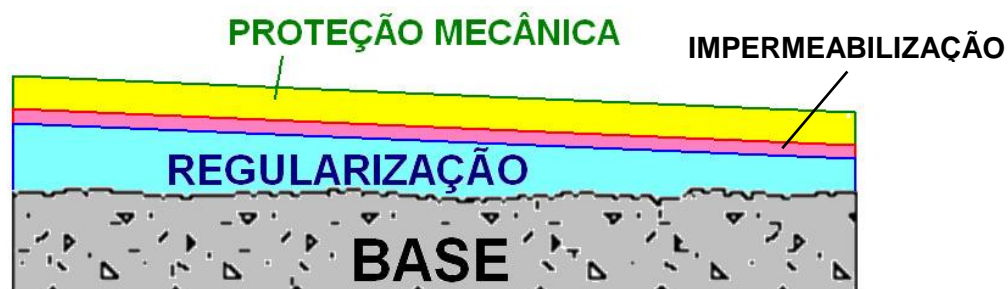
Fonte: Bauer; Vasconcelos; Granato (2010)

Segundo Freitas Junior, as camadas constituintes dos sistemas cimentícios são:

- Base, geralmente laje de concreto.
- Camada de regularização, tem a função de regularizar o substrato (base), proporcionando uma superfície uniforme de apoio adequado a camada impermeável.
- Camada impermeável, tem a função de promover a barreira contra a passagem da água. (NBR 9575/2003).
- Camada de Proteção Mecânica, tem a função de absorver e dissipar esforços atuantes por sobre a camada impermeável, de modo a protegê-la contra a ação deletéria destes esforços (NBR 9575/2003).

Alguns fabricantes, entretanto, permitem que o acabamento seja assentado diretamente sobre a impermeabilização com o uso de argamassa colante. As camadas que constituem o sistema de impermeabilização estão esquematizadas conforme a Figura 3.

Figura 3- Camadas do sistema de impermeabilização cimentícia



Fonte: Freitas Junior

2.2.1 Argamassa polimérica

A utilização de polímeros na substituição parcial ou total do cimento hidráulico como ligante em concretos e argamassas convencionais ou para melhoria de propriedades dos produtos a base de cimento forma um grupo de materiais genericamente conhecido como compósitos de concreto-polímero (OHAMA, 1997 apud MANSUR, 2007).

Conforme Ohama (1997), os compósitos de concreto-polímeros são geralmente classificados em três tipos.

- Argamassas e concretos modificados com polímeros (polymer-modified mortar – PMM e polymer –modified concrete – PMC);
- Argamassas e concretos impregnados com polímeros (polymer-impregnated mortar – PIM e polymer-impregnated concrete – PIC) e
- Argamassas e concretos poliméricos (polymer mortar – PM e polymer concrete – PC);

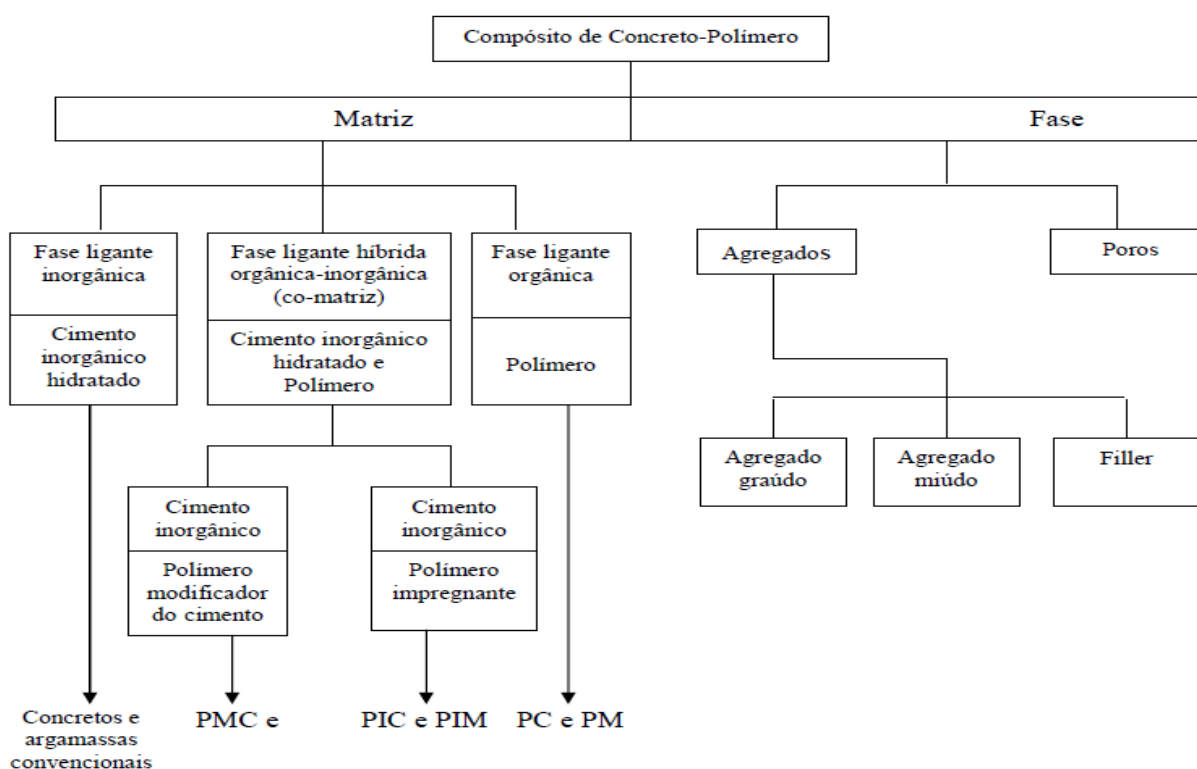
Nos PMM e PMC, as argamassas e concretos são obtidos a partir de uma mistura de cimento, agregados, adições e monômeros/polímeros. Esta denominação

é utilizada para produtos que são fabricados com substituição de 10% a 15% em peso do cimento por polímeros que podem ser monômeros, uma mistura de monômeros e pré-polímeros ou polímeros dispersados (látex), sendo catalisadores adicionados para efetivar a polimerização dos monômeros quando estes são adotados (MANSUR, 2007).

No entanto, o uso das expressões argamassas e concretos modificados com polímeros são usualmente associados a argamassas e concretos nos quais um polímero é adicionado em qualquer quantidade relativa ao peso do cimento. (OHAMA, 1998 apud MANSUR, 2007).

Um resumo dos tipos de compósitos de concreto-polímero pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3-Sistemas e classificações dos compósitos de concreto-polímero



Fonte: adaptado de OHAMA, 1997.

A argamassa polimérica é um revestimento impermeabilizante, semiflexível, bicomponente (A+B), à base de cimentos especiais, aditivos minerais e polímeros com características impermeabilizantes. Possui boa aderência e resistência mecânica, resistindo a até 60m.c.a.- metros de coluna d'água. (VIAPOL, 2013).

As argamassas poliméricas são indicadas para impermeabilização de subsolos, cortinas, poços de elevadores, muros de arrimo, baldrames, paredes internas e externas, pisos frios em contato com o solo, reservatórios de água potável, piscinas em concreto enterradas e estruturas sujeitas a infiltração do lençol freático. Indicado como revestimento para ser utilizado antes do assentamento de pisos cerâmicos, evitando a ação de umidade proveniente do solo. (VIAPOL, 2013).

Segundo a Viapol (2013) as vantagens do impermeabilizante são especificadas abaixo.

- Resistente às altas pressões hidrostáticas, tanto positivas quanto negativas;
- Não altera a potabilidade da água, sendo atóxico e inodoro;
- Produto de fácil aplicação, com trincha ou vassoura de pelo;
- Aplicado sobre superfícies de concreto, alvenaria e argamassa isenta de cal e sem aditivo impermeabilizante, confere excelente aderência sem necessidade de chapisco e primer;
- Pode ser estruturado com tela de poliéster (Mantex).

A aplicação do impermeabilizante está dividida em três partes que devem seguir alguns critérios definidos pela Viapol (2013) e pela NBR 9574 (ABNT, 2008), como os especificados abaixo.

➤ **Preparação da superfície**

O substrato deverá apresentar-se limpo, sem partes soltas ou desagregadas, nata de cimento, óleos, desmoldantes etc. Recomenda-se a lavagem com escova de aço e água ou jato d'água de alta pressão. Os ninhos e falhas de concretagem deverão ser tratados com argamassa de cimento e areia, traço 1:3 amassada com solução de água e emulsão adesivana proporção de 2:1 em volume. Quando houver ocorrência de jorros d'água no caso das estruturas com influência do lençol freático, execute o tamponamento com cimento de pega ultra-rápida Pó2, após prévio preparo do local.

➤ **Preparação do produto**

O produto é fornecido em dois componentes: componente A (resina) - Polímeros acrílicos emulsionados e componente B (pó cinza) - Cimentos especiais, aditivos impermeabilizantes, plastificantes e agregados minerais.

Deve-se adicionar aos poucos o componente B (pó cinza) ao componente A (resina) e misturar mecanicamente por 3 minutos ou manualmente por 5 minutos, dissolvendo possíveis grumos que possam se formar, obtendo uma pasta homogênea. Uma vez misturados os componentes A e B, o tempo de utilização desta mistura não deverá ultrapassar o período de 60 minutos, na temperatura de 25 °C. Passado este período, a utilização não é recomendada.

A proporção da mistura é variável de acordo com a forma de aplicação:

Aplicação em pintura (traço e volume): 1 parte do componente A (resina) para 2,5 partes do componente B (pó). Use trincha ou vassoura de pelo.

Aplicação em revestimento (traço em volume): 1 parte do componente A (resina) para 3 partes do componente B (pó). Use desempenadeira ou rodo. Para o uso da desempenadeira, aplique inicialmente uma demão com trincha no traço de pintura.

➤ **Aplicação do produto**

Com a superfície úmida, aplique as demãos necessárias para cada caso, conforme tabela de consumo. As demãos deverão ser aplicadas no sentido cruzado, em camadas uniformes, com intervalos de 2 a 6 horas dependendo da temperatura ambiente.

Em regiões críticas como ao redor de ralos, calafetar com mástique de Poliuretano após a secagem completa do Impermeabilizante A.

Espalhe areia peneirada e seca antes da secagem da última demão do impermeabilizante para melhor ancoragem da argamassa de proteção ou revestimento final.

Aguarde a cura do produto por no mínimo 5 dias antes do teste de estanqueidade e execução da proteção mecânica.

Em áreas abertas ou sob incidência solar, promova a hidratação do impermeabilizante no mínimo por 72 horas.

2.2.2 Resina termoplástica

Os polímeros podem ser do tipo plástico, que possuem pouca ou nenhuma elasticidade, ou do tipo elastômero, que possuem a capacidade de alongar-se sob tensão, voltando praticamente à sua dimensão inicial uma vez cessada a tensão aplicada. Podem ser subdivididos em dois grupos: termoplásticos e termofixos (ISAIA, 2007).

Andrade (2010) afirma que os polímeros do tipo termoplásticos são aqueles que amolecem e fluem quando submetidos a uma dada temperatura e pressão, podendo ser moldados. Uma vantagem desse tipo de material diz respeito à possibilidade de remoldagem quando da reaplicação de novas temperaturas e pressões, sendo, portanto, recicláveis.

Conforme Bauer, Vasconcelos & Granato (2010), as argamassas poliméricas flexíveis são argamassas poliméricas que possuem alta flexibilidade. Diferenciam-se das demais por não terem limitações de uso em estruturas sujeitas a movimentação e/ou a leves fissurações, como reservatórios elevados, grandes reservatórios e até mesmo lajes.

São materiais de baixo custo, alta produção, facilidade de processamento e baixo nível de resistência mecânica se comparados aos outros grandes grupos de materiais poliméricos (ANDRADE, 2010).

A emulsão acrílica desse produto tem um maior teor polimérico, e as partículas são maiores, fazendo com que quando o polímero se depositar no produto, forme filme, de modo que a membrana final seca se torne flexível. Devido a essa formação do filme, o produto não deve ser usado em locais com pressão negativa (como reservatórios enterrados sujeitos a lençol freático), pelo risco de "embolhamento" (BAUER; VASCONCELOS; GRANATO, 2010).

Conforme a Viapol (2013), a resina termoplástica é um impermeabilizante à base de resinas e cimentos aditivados que em composição, resultam em uma membrana de polímero modificado, com cimento de boa resistência e impermeabilidade.

Por se tratar de um produto flexível, é indicado para impermeabilização de torres de água e reservatórios de água potáveis, elevados ou apoiados de estrutura de concreto armado. (VIAPOL, 2013)

Algumas vantagens do impermeabilizante são especificadas abaixo, conforme o fabricante:

- Resistente à altas pressões hidrostáticas positivas;
- Produto de fácil aplicação com trincha ou vassoura de pelo;
- Não altera a potabilidade da água, sendo atóxico e inodoro;
- Aplicado sobre superfícies de concreto ou argamassa isenta de cal. Confere excelente aderência;
- Acompanha as movimentações estruturais e fissuras previstas nas normas brasileiras.

Atualmente é fabricada também uma nova geração de argamassas poliméricas flexíveis, nas quais são incorporados aditivos de "antienvelhecimento", fibras sintéticas, entre outras novas adições, que permitem estender o uso desse produto para novas aplicações até então não pensadas para esse sistema impermeabilizante, como lajes, coberturas, entre outras aplicações, tendo que, todavia, ter proteção contra raios UV (BAUER; VASCONCELOS; GRANATO, 2010).

A resina termoplástica com fibras é um impermeabilizante à base de resinas termoplásticas e cimentos com aditivos e incorporação de fibras sintéticas (polipropileno). Essa composição resulta em uma membrana de polímero modificado com cimento de boa resistência, flexibilidade e impermeabilidade (VIAPOL, 2013).

A Viapol (2013) relata que o produto é indicado para impermeabilização de áreas com constante presença de água ou áreas permanentemente úmidas, como:

- Reservatório de concreto de água potável elevado, apoiado ou enterrado;
- Piscinas de concreto enterradas;
- Áreas frias como banheiros, cozinhas e lavanderias;
- Produto não recomendado para lençol freático atuante;

A aplicação das resinas termoplásticas com e sem fibra seguem as mesmas etapas de aplicação da argamassa polimérica.

2.3 ARGAMASSA COLANTE

A utilização de argamassas adesivas para a fixação de componentes cerâmicos, em relação a argamassas convencionais, vem crescendo consideravelmente, devido à maior aderência entre a placa cerâmica e o substrato, à diminuição do desperdício de materiais e ao aumento da produtividade da mão-de-obra aliadas ao uso das mesmas (OLIVEIRA, 2004).

Argamassas colantes começaram a ser pesquisadas nos Estados Unidos, a partir do fim da II Guerra Mundial (1945), com a finalidade de racionalizar os serviços de colocação de revestimentos cerâmicos e oferecer aos consumidores uma alta qualidade nas instalações destes revestimentos a um menor custo possível (FIORITO, 1994).

Conforme a definição da NBR 14081 (ABNT, 2012), a argamassa colante é um “Produto industrial, no estado seco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos, que, quando misturado com água, forma uma massa viscosa, plástica e aderente, empregada no assentamento de placas cerâmicas para revestimento”.

As argamassas colantes consistem basicamente em argamassas de cimento e areia aditivadas com polímeros, sendo, atualmente, o hidroxietil celulose (HEC) e o copolímero acetato de vinila/etileno (EVA) os mais empregados em sua produção no Brasil. Estes polímeros são responsáveis, basicamente, por conferir maior capacidade de retenção de água, melhor trabalhabilidade e maior adesividade e flexibilidade às argamassas (MANSUR, 2007).

Junginger (2007), baseado na NBR 14081 (ABNT, 2012), apresenta os tipos de argamassas seguidos de suas definições e seu uso, conforme especificado na Tabela 3.

Tabela 3- Tipo e descrição da argamassa colante industrializada.

TIPO	DESCRIÇÃO
AC I	Características de resistência para atender às solicitações mecânicas e termo-higrométricas típicas de revestimentos internos, exceto saunas, churrasqueiras, estufas e outros revestimentos especiais.
AC II	Características de resistência que permitem absorver os esforços existentes em revestimentos de pisos e paredes externas decorrentes de ciclos de flutuação térmica e higrométrica, da ação de chuva e/ou vento, da ação de cargas como as decorrentes do movimento de pedestres em áreas públicas e de máquinas e equipamentos leves sobre rodízios não metálicos.
AC III	Resiste a altas tensões de cisalhamento nas interfaces substrato/adesivo e placa/adesivo, juntamente com uma aderência superior entre as interfaces quando comparada com AC I e AC II; especialmente indicada para uso em saunas, piscinas, estufas e ambientes similares.
TIPO E	Similar às anteriores, mas com tempo em aberto estendido em 10 minutos.

Fonte: Junginger (2007)

Os requisitos mínimos para argamassa colante são especificados pela NBR 14081 (ABNT, 2012) e os ensaios prescritos pelas normas NBR 14083, 14084 e 14085 como mostradas na Tabela 4.

Tabela 4- Requisitos para argamassa colante

Propriedades	Método de ensaios	Unidade	Argamassa colante Industrializada			
			AC I	AC II	AC III	E
Tempo em aberto	ABNT NBR 14083	min	≥ 15	≥ 20	≥ 20	Argamassa do tipo I, II e III com tempo em aberto estendido em no mínimo 10 min do especificado nesta tabela
Resistência da aderência à tração aos 28 dias em	ABNT NBR 14084					
- Cura normal		MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0	
- Cura submersa		MPa	≥ 0,5	≥ 0,5	≥ 1,0	
- Cura em estufa		MPa	-	≥ 0,5	≥ 1,0	
Deslizamento ¹	ABNT NBR 14085	mm	≥ 0,7	≥ 0,7	≥ 0,7	
¹ O ensaio de deslizamento não é necessário para argamassa utilizada em aplicações com revestimento horizontal						

Fonte: NBR 14081/2012

Quanto mais flexível é a argamassa colante, menor é seu módulo de deformação, ou seja, para uma mesma deformação as argamassas de menor módulo induzem esforços menores. Isso é um fato importante, pois no caso de emboços com baixa resistência superficial, o uso de argamassa de baixo módulo é crucial no sucesso do revestimento (JUNGINGER, 2007).

Mansur (2007) afirma que os aditivos retentores de água estão presentes nestas argamassas e permitem a sua aplicação em “fina camada”, nome pelo qual esta técnica de fixação também é conhecida, através de desempenadeira denteada.

Algumas vantagens da aplicação em fina camada em relação ao sistema tradicional estão anotadas a seguir, conforme Mansur (2007):

- Produto pronto para uso, eliminando a necessidade de dosagem de cimento, agregados e aditivos em obra;
- A mistura da argamassa pode ser feita no próprio local de utilização;
- Não é necessária prévia imersão das placas cerâmicas em água;
- Menor consumo de argamassa;
- Maior potencial de aderência;
- Maior produtividade;
- Método racionalizado favorecendo construção limpa.

2.4 REVESTIMENTO CERÂMICO

O revestimento cerâmico apresenta importantes funções que são genericamente: proteger os edifícios da ação direta dos agentes agressivos; contribuir no cumprimento de funções como, por exemplo, o isolamento termo-acústico e a estanqueidade à água; constituir-se no acabamento final. A descrição completa da classificação e dos requisitos que os revestimentos cerâmicos devem obedecer encontra-se na NBR 13817 e na NBR 13818.

Apresentam também, diferentes propriedades, dependendo de alguns fatores, tais como seu processo de fabricação, sua finalidade, absorção de água, expansão por umidade e a resistência mecânica ao peso. Segundo o manual de argamassas e revestimentos, 2ª edição 2010:

“Os revestimentos de modo geral são sempre constituídos de diversas camadas de materiais diferentes ligadas entre si. Como estão intimamente ligadas, qualquer deformação em uma dessas camadas resultará no aparecimento de tensões em todo o conjunto. Tais tensões dependem da espessura, do módulo de elasticidade e, enfim, de todas as características físicas de cada camada. As deformações a que nos referimos podem ser de causas endógenas como, por exemplo, a retração do concreto e das argamassas e a dilatação higroscópica dos revestimentos cerâmicos, ou causadas por esforços externos.”

2.4.1 Pastilhas de vidro

As pastilhas de vidro são um tipo de revestimento cerâmico, constituída de uma mistura de argila e outras matérias-primas inorgânicas, queimadas em altas temperaturas. Utilizada em larga escala pela arquitetura devido ao seu apelo decorativo e prático, as pastilhas de vidro proporcionam uma vedação estanque, conforto térmico e acústico e a valorização do empreendimento imobiliário. Oferecem também, um acabamento muito superior em relação as pastilhas cerâmicas ou de porcelana, pois seu aspecto visual não se altera com o passar do tempo, permanecendo com seu brilho e cores originais (CASA ABRIL, 2006).

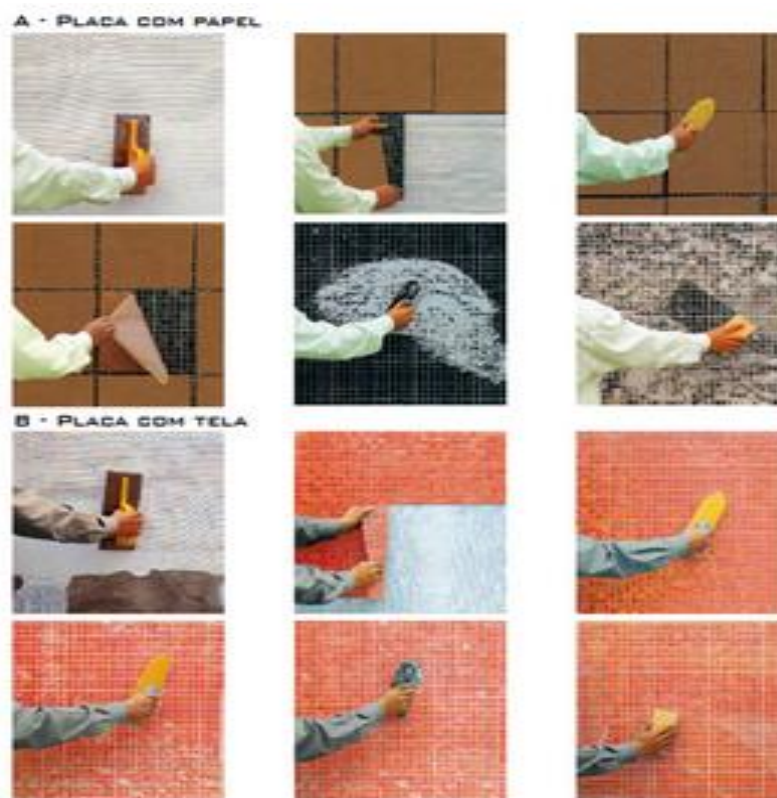
A absorção de água pelas pastilhas de vidro é praticamente nula, principalmente se comparada à absorção observada pelos concorrentes cerâmicos, que é dez vezes maior.

As pastilhas de vidro são aplicáveis em ambientes internos e externos, secos e molhados, em superfícies planas ou curvas. Apresentam coeficientes de dilatação térmica quase nulo, ou seja, seu tamanho não se altera mesmo quando são sujeitas a grandes variações de temperatura. A grande vantagem decorrente deste fato é que a possibilidade de surgir trincas no rejunte será muito pequena, principalmente se levarmos em conta que as argamassas utilizadas pelo assentamento e rejuntamento de pastilhas são bastante flexíveis (MOSAICOR, 2010).

As pastilhas possuem outra vantagem em relação aos materiais cerâmicos, pois a face que entra em contato com a argamassa, também é impermeável, não absorvendo a umidade proveniente da parede, contudo, dificultam a aderência da mesma. São isolantes elétricos, cuja condutividade é quase zero, e caracterizam-se também por ter um baixo coeficiente de condutividade térmica, promovendo um eficiente isolamento térmico(MOSAICOR, 2010).

A aplicação das pastilhas de vidro é muito mais fácil e limpa se comparada com outros tipos de revestimentos, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Aplicação de pastilhas de vidro



Fonte: Guia de Aplicação Colormix

2.5 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA

A resistência de aderência é definida pela NBR 13528(ABNT, 2010) como:

“Propriedade do revestimento de resistir às tensões atuantes na interface com o substrato. A aderência não é uma propriedade da argamassa, sendo a interação entre as camadas constituintes do sistema de revestimento que se pretende avaliar”.

O termo aderência é utilizado para descrever a resistência e a extensão do contato entre a argamassa e uma base. A base, ou substrato, geralmente é representada não só pela alvenaria, como também pela estrutura de concreto moldado *in loco*. Assim, não se pode falar em aderência de uma argamassa sem especificar em que material ela está aplicada, pois a aderência é uma propriedade que depende da interação dos dois materiais (CARASEK, 2010).

Uma das grandes vantagens dos materiais cimentícios modificados com polímeros é a melhora da aderência com diversos tipos de substrato, se comparados com os concretos e argamassas convencionais.

A resistência de aderência à tração também é definida como sendo:

“Tensão máxima suportada por uma área limitada de revestimento (corpo-de-prova), na interface de avaliação, quando submetido a um esforço normal de tração”. NBR 13528 (ABNT, 2010)

2.5.1 Mecanismos e Fatores que Influenciam na Aderência

A resistência de aderência é função de diversos fatores externos as argamassas, a saber: porosidade, absorção de água, resistência mecânica e textura superficial da base, das condições de cura e do método de ensaio aplicado. Depende, ainda, de fatores internos, como teor de aglomerante, fator água/cimento e polímero/cimento, composição, retenção de água, consistência e teor de ar incorporado(OHAMA, 1998).

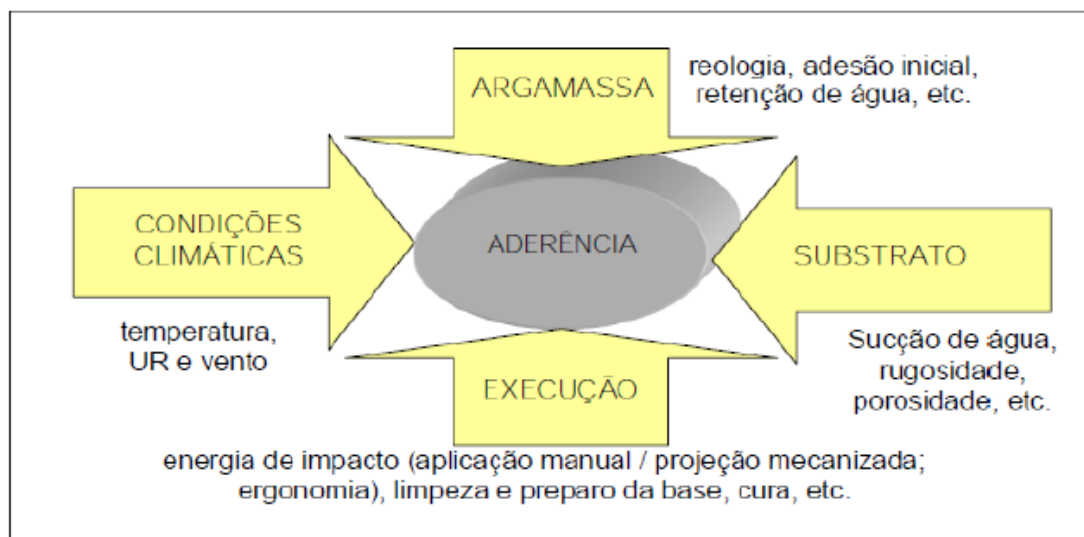
Quanto maior for o contato entre a argamassa e o substrato maior será a aderência obtida. Dessa forma, a aderência está diretamente relacionada com a trabalhabilidade (ou reologia) da argamassa, com o processo de execução, além das características e propriedades dos substratos e de fatores externos (CARASEK, 2010).

A lista de fatores que exercem influência na aderência dos revestimentos ao substrato é extensa. Alguns fatores estão listados a baixo (CARASEK; CASCUDO, 2007):

- Propriedades da argamassa no estado fresco:
 - Trabalhabilidade (ou reologia);
 - Natureza dos materiais constituintes da argamassa; e
 - Proporções dos materiais constituintes da argamassa.
- Natureza e características da base:
 - Porosidade;
 - Absorção de água; e
 - Rugosidade.
- Preparo da base:
 - Limpeza e tratamentos superficiais.
- Procedimentos de execução do revestimento:
 - Mão de obra;
 - Tipo de mistura da argamassa (manual ou mecânica);e
 - Energia de impacto.
- Fatores externos:
 - Condições climáticas durante a aplicação.

A figura 5 reúne os principais fatores que exercem influência na aderência.

Figura 5-Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre superfícies porosas.



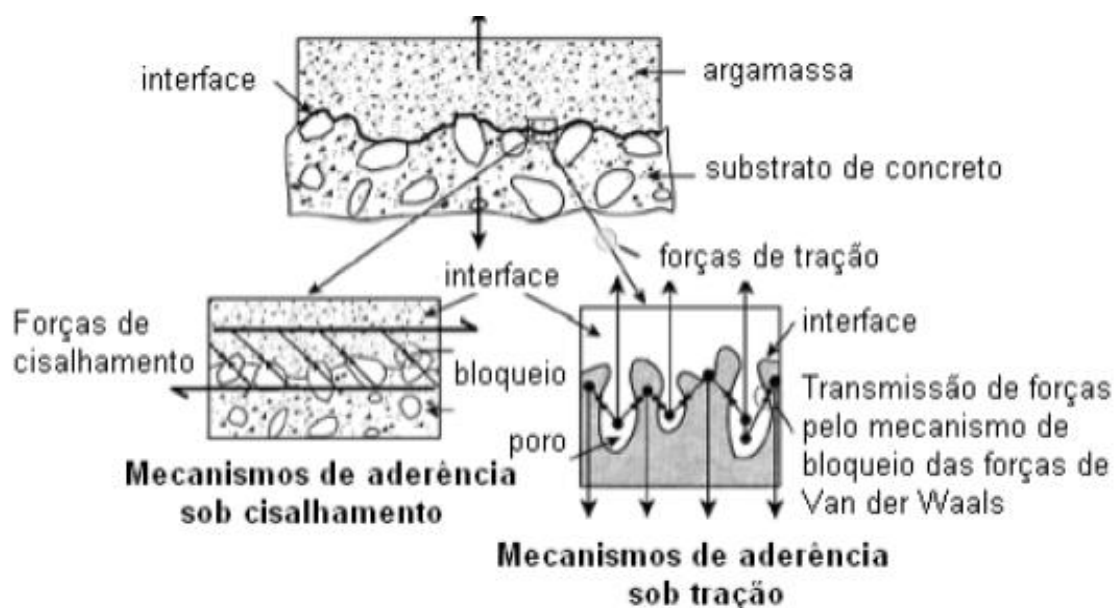
Fonte:Carasek (2007).

No Brasil, a avaliação da resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa, também designada de resistência de arrancamento, está prevista na norma NBR 13528 (ABNT, 2010), com metodologia que permite avaliação tanto em laboratório como em obra (CARASEK, 2010).

A avaliação da aderência dos revestimentos é feita através de ensaios destrutivos de resistência de aderência, por tração ou por cisalhamento, de corpos de prova cortados transversalmente nos revestimentos obtendo-se valores de resistência à tração ou ao cisalhamento, dependendo da direção de solicitação (PAES; GONÇALVES, 2005).

A adesão mecânica está fundamentada na penetração do material, na fase líquida, nos poros do substrato agindo como adesivo pela formação de ancoragem mecânica após a cura. Desta maneira as irregularidades do substrato melhoram a relação para resistir os esforços de tração e cisalhamento, conforme mostrado na Figura 6(PRETTO, 2007).

Figura 6-Mecanismos de adesão mecânica.



Fonte: Pretto (2007)

2.5.2 Normalização

A norma NBR 12171 (ABNT, 1992) prescreve o método aplicável em sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros, preparado de acordo com as recomendações do fabricante e aplicado diretamente sobre a estrutura a ser impermeabilizada.

Os corpos-de-prova devem ser curados por catorze dias, no mínimo, após 24 h da moldagem. Decorrido o tempo de cura, procede-se à aplicação do produto sobre a superfície do corpo-de-prova, sendo que ele deve ser aplicado e curado conforme orientação do fabricante.

O suporte (placa metálica) deve ser colocado à superfície do sistema de impermeabilização por meio de adesivo à base de resina epóxi ou similar. O equipamento de tração deve ser apoiado ao corpo-de-prova, independente de estar no plano horizontal ou vertical.

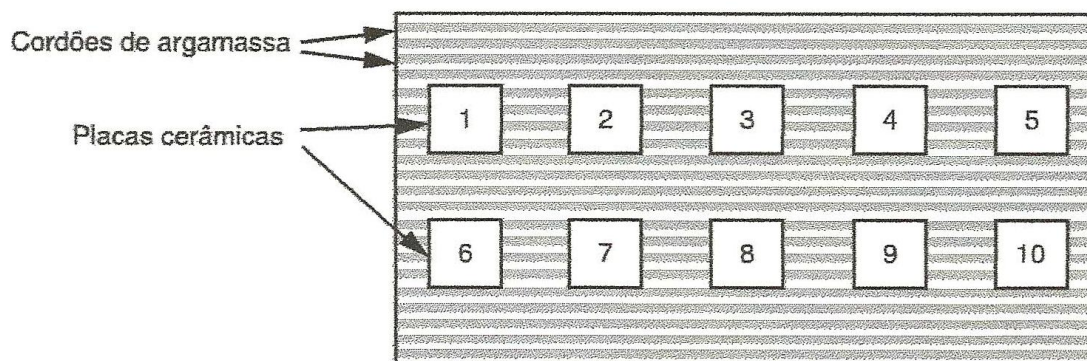
A carga deve ser aplicada, lenta e progressivamente sem interrupções, perpendicularmente ao corpo-de-prova, de maneira a não introduzir esforços laterais, até o descolamento do suporte. Após o descolamento, a superfície do suporte deve ser examinada para verificação de eventuais falhas de aderência entre o adesivo e a superfície do corpo-de-prova. A resistência de aderência deve ser registrada em MPa, calculada pela relação entre a carga necessária para o descolamento do suporte e a área do suporte.

A norma NBR 14081-4 (ABNT, 2012), estabelece um método para determinação da resistência de aderência, medida através de arrancamento por tração simples para argamassa colante industrializada destinada ao assentamento de placas cerâmicas em pisos e paredes pelo método da camada fina.

Conforme esta norma, as médias obtidas devem ser iguais ou superiores a 0,30 MPa e deverão ser descartados os valores que se distanciarem mais de 20% da média. Para média inferior a 0,30 MPa, descartar os resultados que se distanciarem da média mais que 0,06 MPa.

De acordo com esta norma, a argamassa deve ser estendida na direção longitudinal sobre o substrato-padrão. Transcorridos 5 minutos da operação, deve-se posicionar dez placas cerâmicas, conforme Figura 7, sobre quatro cordões da argamassa colante estendida, de modo que haja uma separação de aproximadamente 50 mm entre elas e de no mínimo 25 mm entre as suas arestas e a borda mais próxima do substrato-padrão.

Figura 7- Posicionamento das placas cerâmicas

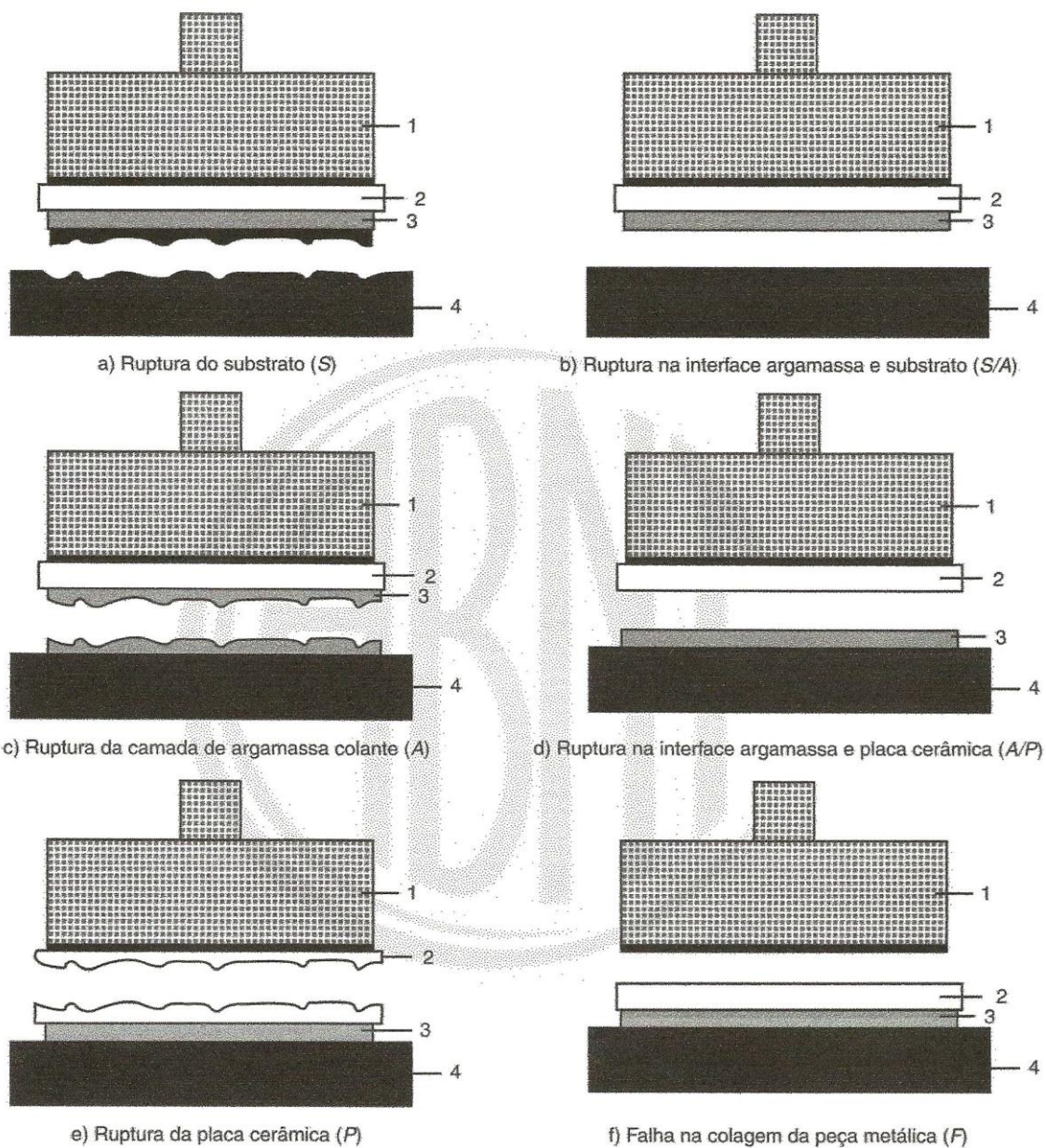


Fonte: ABNT, 2012

O conjunto deve ser submetido, durante 28 dias, às condições ambientais de laboratório. A partir de 72 h antes da data do arrancamento, deve-se colar em cada placa cerâmica uma peça metálica de arrancamento, utilizando adesivo, de maneira que as suas superfícies fiquem sobrepostas.

O arrancamento por tração simples deverá ser realizado no 28º dia do posicionamento das placas cerâmicas. Após o ensaio, cada placa cerâmica deverá ser analisada para descrição do tipo de ruptura e sua porcentagem aproximada, conforme ilustrado na Figura 8.

Figura 8- Tipos de rupturas

**Legenda**

- 1 - peça metálica
- 2 - placa cerâmica
- 3 - argamassa colante
- 4 - substrato-padrão

Fonte: ABNT, 2012

3 METODOLOGIA

Para elaboração do presente trabalho foram realizados ensaios em laboratório como objetivo de analisar a resistência de aderência à tração, variando os intervalos de assentamento do revestimento sobre diferentes camadas impermeabilizantes. Foram concretados corpos de prova, aplicação da impermeabilização cimentícia, fixação das pastilhas de vidro com argamassa colante e o ensaio de resistência de aderência à tração conforme NBR 12171 (ABNT, 1992) e NBR 14081-4 (ABNT, 2012).

Como o objetivo era testar a aderência do revestimento sobre a impermeabilização cimentícia, utilizou-se a NBR 12171 (ABNT, 1992) para confecção dos corpos de prova e aplicação da impermeabilização. A partir disso, foi adotada a NBR 14081-4 (ABNT, 2012) para ensaio de aderência de argamassa colante.

A Tabela 5 a seguir demonstra as combinações dos tipos de impermeabilização utilizados, sendo o impermeabilizante A uma argamassa polimérica, o B resina termoplástica sem fibra e o C a resina termoplástica com fibra. Também são apresentados os intervalos de assentamento da pastilha sobre a impermeabilização e a nomenclaturas utilizadas no trabalho.

Tabela 5- Nomenclaturas e combinações

NOME	COMBINAÇÕES	TEMPO DE APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO (DIAS)
CPP	PADRÃO	--
CP-1-3	IMPERMEABILIZANTE A	3
CP-1-6		6
CP-1-12		12
CP-5-3	IMPERMEABILIZANTE B	3
CP-5-6		6
CP-5-12		12
CP-7-3	IMPERMEABILIZANTE C	3
CP-7-6		6
CP-7-12		12

Fonte: do autor

A parte experimental deste trabalho foi dividida em duas partes: na primeira foi realizada a concretagem dos corpos de prova, onde foram feitos os ensaios, a aplicação dos três tipos de impermeabilização e aplicação do revestimento cerâmico e, na segunda etapa, foi realizado o ensaio de aderência. Todos os experimentos foram realizados no Laboratório de Solos e Materiais do Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), localizado na cidade de Brasília.

3.1 SUBSTRATO, IMPERMEABILIZAÇÃO E REVESTIMENTO

3.1.1 Execução do Substrato

O substrato consiste em corpos-de-prova feitos de blocos de concreto de 0,50 x 0,20 x 0,10 m onde se realizou a aplicação dos impermeabilizantes e dos revestimentos para a realização do ensaio de aderência. A execução dos corpos-de-prova foi realizada de acordo com as NBR's 12171 (ABNT, 1992) e 14081-4 (ABNT, 2012).

Conforme a NBR 12171 (ABNT, 1992), os materiais utilizados no traço para a concretagem dos corpos-de-prova estão especificados na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6- Traço dos Materiais Utilizados

MATERIAIS	TRAÇO
Cimento Portland Comum 32	1
Areia Zona 4 (grossa) NBR 7211	2,44
Brita 1	2,14
Brita 2	1,43
Água/Cimento	0,6
Consumo de Cimento	308 Kg/m ³

Fonte: Adaptado da ABNT, 1992

O procedimento de execução foi o mesmo para todos os corpos-de-prova, de acordo com os seguintes passos, demonstrados nas Figuras 9 e 10:

- 1º. Corte e montagem das fôrmas de madeira plastificada para a moldagem do concreto;
- 2º. Realização dos ensaios de massa específica, massa específica aparente, massa unitária, absorção de água dos agregados graúdos, granulometria e umidade dos agregados de acordo com as NBR's NM 53 (ABNT, 2003), 7251 (ABNT, 1982), 09776 (ABNT, 1987) e NM 248 (ABNT, 2003);
- 3º. Pesagem e mistura dos agregados, cimento e água para execução do traço de acordo com a NBR 12171 (ABNT, 1992);
- 4º. Moldagem e adensamento dos corpos-de-prova manualmente;
- 5º. Cura do concreto submersa durante 14 dias.

Figura 9 - Ensaio para execução dos corpos-de-prova



Fonte: do autor

Figura 10 - Moldagem e cura dos corpos-de-prova



Fonte: do autor

Na análise visual das superfícies dos corpos-de-prova foi observado que o CP-1-3 e o CP-5-12 apresentaram uma superfície mais rugosa, provavelmente devido ao adensamento ter sido feito manualmente, diferenciando-se, portanto, das demais.

3.1.2 Execução da Impermeabilização Cimentícia

Logo após a cura dos corpos-de-prova inicia-se o processo de impermeabilização, de acordo com a NBR 9574 (ABNT,2008). O produto utilizado é um bicomponente, tendo como componente A (resina) e o componente B (pó cinza), assim a mistura deve ser feita para cada caso de acordo com a fabricante e os passos a seguir:

- 1º. Adicione o componente A ao componente B, aos poucos, de acordo com a proporção demonstrada nas Tabelas 7 a 9, até obter uma mistura lisa e homogênea;
- 2º. Após a mistura, a pasta obtida deve ser utilizada no tempo máximo de 60 minutos a uma temperatura de 25°C, de acordo com o fabricante, não sendo recomendada após esse período;
- 3º. Não adiciona, em hipótese alguma, água na mistura.

Tabela 7 - Proporção e Especificação Impermeabilizante A

IMPERMEABILIZANTE A (3 PARTES PÓ E 4 LIQUIDAS)					
FABRICAÇÃO: 13/08/2013					
VALIDADE: 9 MESES					
LOTE: 130813001A					
Nº	Parte Pó (g)	Nº	Parte Líquida (g)		
1	3.615,10	1	1.011,70	Traço	
2	3.520,20	2	1.016,10	Pó (kg) 1	Liqu (kg) 0,28
3	3.588,50	3	1.007,90		
total	10.723,80	total	3.035,70		

Fonte: do autor

Tabela 8 - Proporção e Especificação Impermeabilizante B

IMPERMEABILIZANTE B (4 PARTES PÓ E 6 LIQUIDAS)				
FABRICAÇÃO: 30/01/2014				
VALIDADE: 9 MESES				
LOTE: 300114				
Nº	Parte Pó (g)	Nº	Parte Líquida (g)	
1	3.418,00	1	921,30	Traço
2	3.484,70	2	916,70	Pó Líqu
3	3.416,10	3	915,70	1 0,40
4	3.396,80	4	914,40	
total	13.715,60	5	925,30	
		6	914,70	
		total	5.508,10	

Fonte: do autor

Tabela 9 - Proporção e Especificação Impermeabilizante C

IMPERMEABILIZANTE C (1 PARTES PÓ E 5 LIQUIDAS)					
FABRICAÇÃO: 19/01/2014					
VALIDADE: 9 MESES					
LOTE: 190114085B					
Nº	Parte Pó (g)	Nº	Parte Líquida (g)		
1	13.540,20	1	925,10	Traço	
total	13.540,20	2	922,80	Pó	Liqu
		3	924,20	1	0,34
		4	921,80		
		5	922,10		
		total	4.616,00		

Fonte: do autor

A preparação e mistura dos impermeabilizantes estão ilustradas na Figura 11 a seguir.

Figura 11 - Preparação do impermeabilizante



Fonte: do autor

A aplicação do impermeabilizante sobre os corpos-de-prova foi feita de acordo com as recomendações do fabricante. Foram aplicadas três demãos cruzadas, seguindo os intervalos de tempo especificados para cada tipo de impermeabilizante como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 - Aplicação do impermeabilizante



Fonte: do autor

Após a aplicação da impermeabilização os corpos de prova foram mantidos em laboratório para receberem, posteriormente, o revestimento assentado com argamassa colante conforme os intervalos previstos de 3, 6 e 12 dias.

3.1.3 Execução do revestimento cerâmico

A execução do revestimento cerâmico foi realizada nos intervalos de tempo de 3, 6 e 12 dias após a aplicação do impermeabilizante. Foram aplicadas dez

pastilhas de vidro de 5 cm x 5 cm em cada corpo-de-prova utilizando a argamassa colante AC- III da marca Votorantim, de acordo com a NBR 14081-4 (2012)

A preparação da argamassa colante foi realizada de acordo com a NBR 14081-2 (ABNT, 2012) conforme as seguintes etapas, ilustradas na Figura 13:

- 1º. Adicionou-se água e argamassa ao misturador de acordo com a recomendação descrita na embalagem do fabricante;
- 2º. A mistura foi feita de forma mecânica, seguindo os tempos determinados pela norma até obter uma mistura homogênea;
- 3º. Após a obtenção da mistura, deixou-se a massa em maturação coberta por um pano úmido, no período determinado pelo fabricante. Logo após esse período a massa foi misturada por mais 15 segundos.

Figura 13 - Preparação da argamassa colante



Fonte: do autor

Após a preparação da argamassa colante iniciou-se a execução do revestimento cerâmico, realizado de acordo com as NBR's 14081-4 e 14081-2 (ABNT, 2012), conforme as etapas a seguir, como ilustrado na Figura14.

- 1º. Foram aplicadas, de forma estendida, pequenas quantidades de argamassa colante sobre o substrato com a parte lisa da desempenadeira em um movimento vaivém, retirando-se o excesso de argamassa retido na desempenadeira;
- 2º. Colocou-se no substrato imprimado novas porções de argamassa, aplicada com o lado liso da desempenadeira, até obter uma camada lisa e uniforme e uma espessura ideal para a formação dos cordões;
- 3º. Após a obtenção da espessura, com o lado dentado da desempenadeira, se obteve os cordões com altura de $(5 \pm 0,5)$ mm. Posteriormente é feita a verificação da altura dos cordões com o paquímetro utilizando pelo menos três pontos como amostra;
- 4º. As pastilhas de vidro foram posicionadas respeitando a distância de 50 mm entre elas e de no mínimo 25 mm entre suas arestas e a borda mais próxima do substrato.

Figura 14 - Aplicação do revestimento cerâmico



Fonte: do autor

3.2 ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 14081-4 (ABNT,2012), que estabelece um método para determinação da resistência de aderência à tração medida através de arrancamento por tração simples do revestimento cerâmico. Para determinar a resistência de aderência foram utilizadas dez verificações de aderência, após 28 dias da cura ao ar da argamassa colante utilizada. Para aceitação do ensaio deve-se ter ao menos cinco resultados iguais ou maiores que 0,3 MPa.

3.2.1 Colagem das Pastilhas metálicas

Os conjuntos formados por substrato-padrão, argamassa e pastilhas de vidro foram submetidos, durante 28 dias, às condições ambientais de laboratório. Após esse período, foram removidas as partículas soltas e a sujeira das pastilhas de vidro e das pastilhas metálicas. Na sequência a superfície vítrea das pastilhas foram levemente raspadas para facilitar a aderência da cola com a pastilha metálica.

A partir de 72 h antes da data de arrancamento foi realizada a colagem das placas metálicas sobre cada pastilha. O adesivo utilizado foi adesivo epóxi, adesivo estrutural à base de resina epóxi, da marca DENVER, onde o componente A (endurecedor) foi misturado ao componente B (base) até obter uma mistura homogênea. Logo em seguida a mistura foi espalhada sobre a superfície da pastilha metálica, que foi pressionada sobre as pastilhas de vidro, limpando-se o excesso.

O método de colagem das pastilhas pode ser observado na Figura 15 a seguir.

Figura 15 - Colagem das pastilhas metálicas



Fonte: do autor

3.2.2 Corte do revestimento

Foram realizados cortes a seco, utilizando como guia o contorno das pastilhas metálicas, até chegar ao alcance do substrato, penetrando cerca de 7 mm para determinar uma carga local de cada ponto a ser realizado o ensaio, a Figura 16 ilustra a realização destes cortes.

Figura 16 - Cortes para execução do ensaio



Fonte: do autor

3.2.3 Ensaio de Resistência à Aderência

O procedimento para a realização do ensaio de resistência à aderência foi o mesmo para todos os corpos-de-prova e estão de acordo com a NBR 14081-4 (ABNT, 2012) como demonstra as etapas a seguir:

- 1º. O equipamento de tração foi posicionado no encaixe das pastilhas metálicas;
- 2º. Zerado o medidor do equipamento, inicia-se a aplicação constante de carga sobre o corpo-de-prova, a uma velocidade constante de aproximadamente (250 ± 50) N/s até a ruptura;
- 3º. Após a ruptura, a carga máxima aplicada foi registrada, em Kgf, na planilha de resultados;
- 4º. Cada pastilha foi examinada e caracterizada seu tipo de ruptura e sua porcentagem aproximada.

Conforme esta norma, as médias obtidas devem ser iguais ou superiores a 0,30 MPa e deverão ser descartados os valores que se distanciarem mais de 20% da média. Para média inferior a 0,30 MPa, descartar os resultados que se distanciarem da média mais que 0,06 MPa. Se restarem cinco ou mais resultados, a média final é a tensão de ruptura do ensaio.

No ensaio realizado houve algumas mudanças na caracterização dos tipos de ruptura, devido à ocorrência de rupturas na camada de impermeabilização ou na sua interface com o substrato. A Tabela 10a seguir demonstra a nova configuração.

Tabela 10- Tipos de ruptura

TIPOS DE RUPTURA	
TIPO A	INTERFACE PASTILHA / COLA EPÓXI
TIPO B	INTERFACE COLA EPÓXI / CERÂMICA
TIPO C	INTERFACE CERÂMICA / ARGAMASSA COLANTE
TIPO D	NO INTERIOR DA ARGAMASSA COLANTE
TIPO E	INTERFACE ARGAMASSA COLANTE / IMPERMEABILIZAÇÃO
TIPO F	NO INTERIOR DA IMPERMEABILIZAÇÃO
TIPO G	INTERFACE IMPERMEABILIZAÇÃO / SUBSTRATO
TIPO H	NO INTERIOR DO SUBSTRATO

Fonte: do autor

A Figura 17 abaixo demonstra a realização do ensaio de resistência à aderência.

Figura 17- Ensaio de resistência à aderência



Fonte: do autor

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Frequentemente, para determinar a boa durabilidade e qualidade do revestimento observa-se apenas se os valores mínimos prescritos pela norma NBR 14081-4 (ABNT, 2012) foram atingidos no ensaio de determinação da resistência de aderência à tração. Porém, somente índices altos de aderência não garantem o bom desempenho do revestimento e não impedem a manifestação de outras patologias. Portanto, é de extrema importância analisar os tipos de ruptura, as médias e os respectivos coeficientes de variação.

Os critérios utilizados para a análise dos resultados determinam que cinco de dez corpos-de-prova devem apresentar médias iguais ou superiores a 0,30 MPa e deverão ser descartados os valores que se distanciarem mais de 20% da média. Para média inferior a 0,30 MPa, descartar os resultados que se distanciarem da média mais que 0,06 MPa.

Neste capítulo a análise dos resultados será realizada de acordo com cada tipo de impermeabilizante.

4.1 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO IMPERMEABILIZANTE A

A NBR 14081-4 (ABNT, 2012) determina que os corpos de prova devem apresentar valores de resistência à aderência iguais ou superiores a 0,3 MPa. Os resultados obtidos na execução deste trabalho serão apresentados na Tabela 11, divididos em seus respectivos intervalos de tempo.

Tabela 11 - Resistência à aderência do Impermeabilizante A

CP - 1 - 3		CP - 1 - 6		CP - 1 - 12	
PAST Nº	TENSÃO [MPa]	PAST Nº	TENSÃO [MPa]	PAST Nº	TENSÃO [MPa]
20	0,39	4	0,00	18	0,00
18	0,58	15	0,51	17	0,00
21	0,60	12	0,07	21	0,00
23	0,60	11	0,69	15	0,00
10	0,64	22	0,55	3	0,00
14	0,70	10	0,67	13	0,60
4	0,55	27	0,41	4	0,32
24	0,76	25	0,55	14	0,14
15	0,65	18	0,30	26	0,37
26	0,82	14	0,66	11	0,00
MÉDIA	0,63	MÉDIA	0,58	MÉDIA	0,34

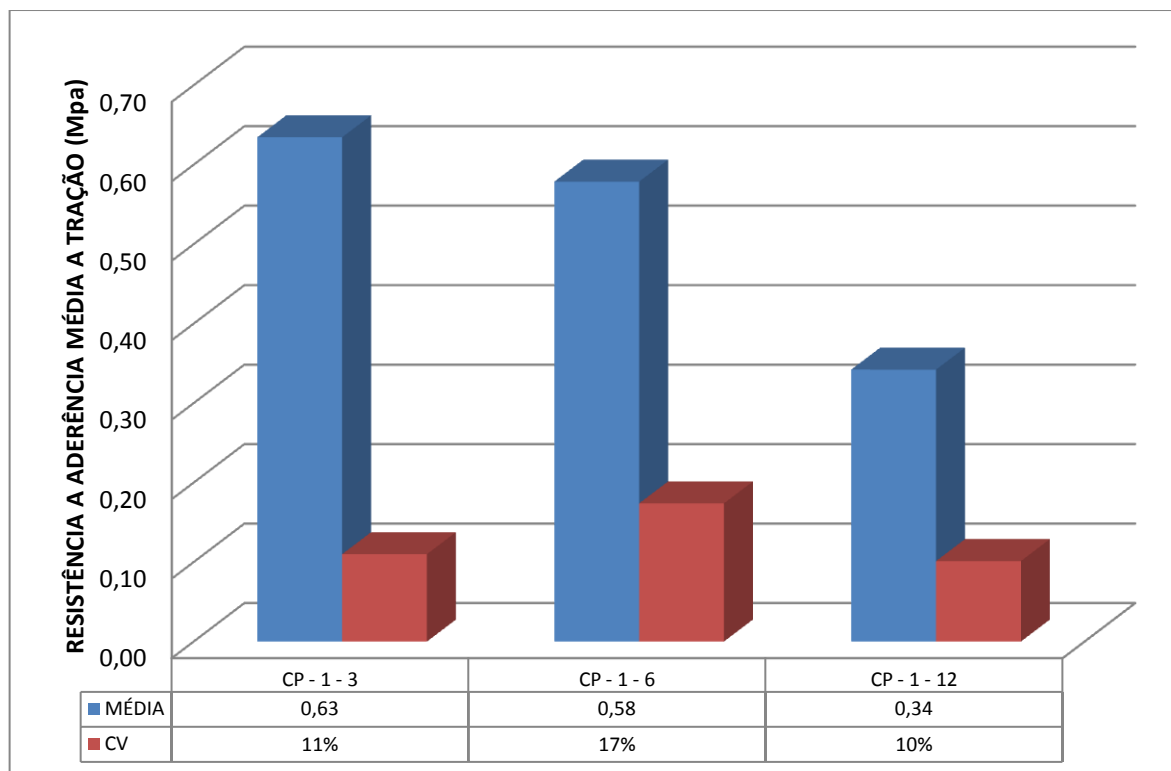
Fonte: do autor

Os valores indicados em azul na Tabela 11 correspondem as pastilhas que deslocaram durante o corte ou posicionamento do equipamento para a realização do ensaio de aderência ocorreram, provavelmente ocorridas por falhas na execução, sendo estas desprezadas na análise do resultado final.

Já os valores indicados em vermelho foram desconsiderados na média final, pois se distanciavam mais do que 20% do valor da média.

A média das resistências e os respectivos coeficientes de variação obtidos estão esquematizados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Média das resistências de aderência e CV. (Impermeabilizante A)

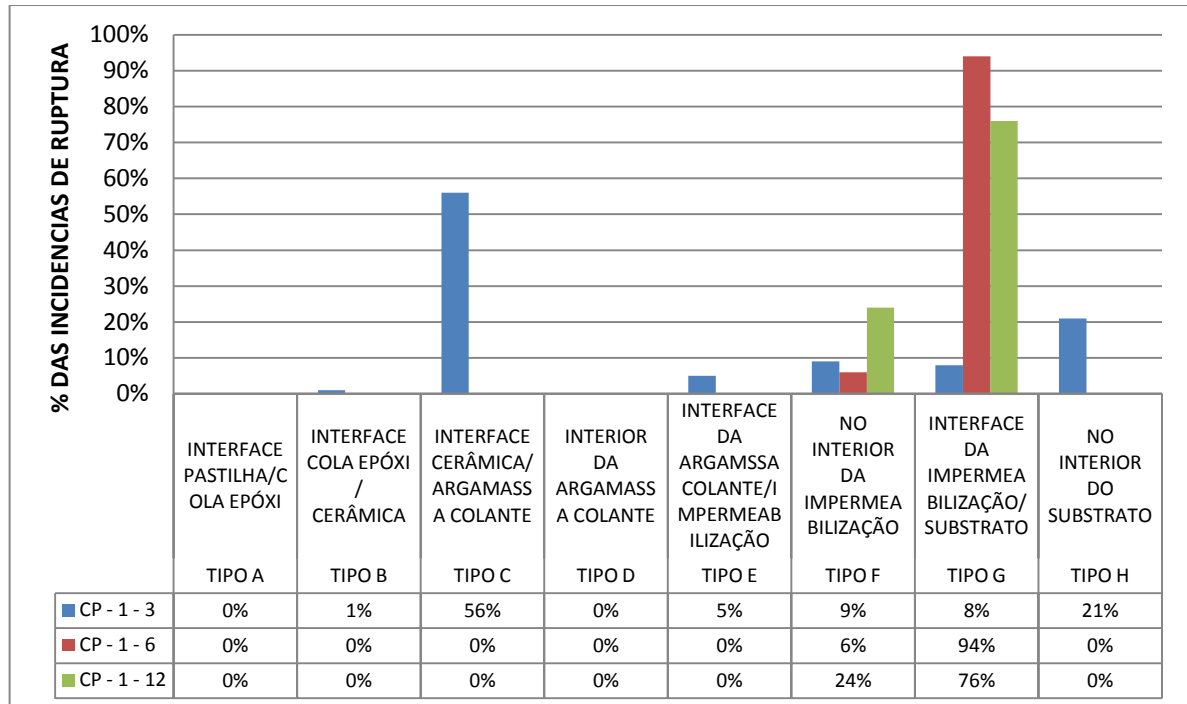


Fonte: do autor

Analisando os três corpos-de-prova, nota-se que o CP-1-3 obteve uma média de resistência muito acima da exigida pela norma e um coeficiente de variação com baixo valor (11%), possuindo, portanto, o melhor resultado entre os corpos-de-prova analisados. Já no CP-1-6 e no CP-1-12 ocorreu um decréscimo na resistência à aderência, provavelmente motivada pela superfície lisa do substrato que prejudicou a aderência do impermeabilizante, visto que, o rompimento na interface impermeabilizante-substrato ocorreu em aproximadamente 60% das pastilhas, como demonstrado no Gráfico 2.

Porém, constata-se que o CP-1-12 não atendeu a um dos critérios determinados pela NBR 14081-4 (ABNT,2012), pois somente dois valores de tensões foram superiores a 0,30 MPa e mantiveram-se dentro da margem de 20% da média prevista pela norma.

Gráfico 2 - Média dos tipos de ruptura (Impermeabilizante A)



Fonte: do autor

Os corpos-de-prova que obtiveram maiores índices de resistência de aderência sofreram rupturas na interface cerâmica-argamassa colante, porém, a forma de ruptura sofrida pelos corpos-de-prova que não alcançaram a média estipulada pela norma ocorreu na interface impermeabilização/substrato, como ilustrado na Figura 18.

Figura 18- Formas de ruptura predominantes (Impermeabilizante A)



Fonte: do autor

A Figura 19 ilustra as superfícies dos substratos utilizados nos ensaios do impermeabilizante A. Nela é possível visualizar a diferença da rugosidade do CP-1-3 para os demais corpos-de-prova, motivo este que contribuiu para a variação dos valores de resistência obtidos.

Figura 19 - Superfícies dos substratos (Impermeabilizante A)



Fonte: do autor

4.2 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO IMPERMEABILIZANTE B

Neste segundo caso, serão analisados os corpos-de-prova no qual foi aplicado o Impermeabilizante B. Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à aderência estão expressos na Tabela 12.

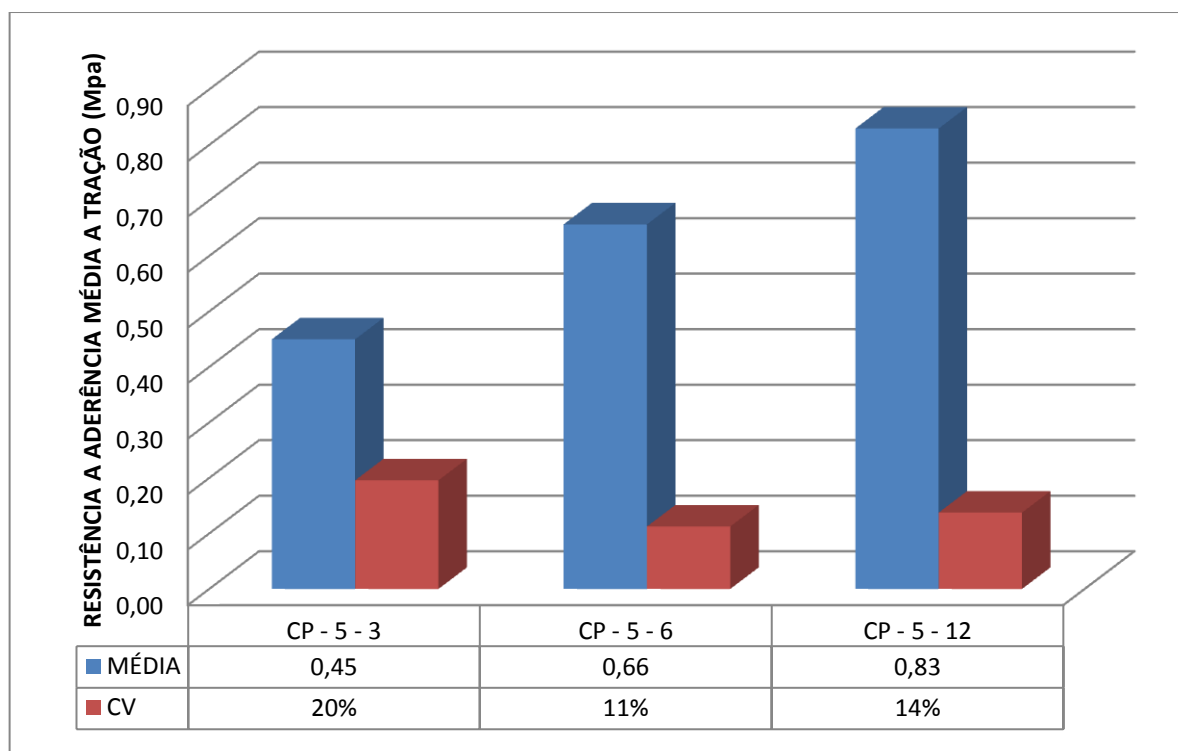
Tabela 12 - Resistência à aderência Impermeabilizante B

CP - 5 - 3		CP - 5 – 6		CP - 5 - 12	
PAST Nº	TENSÃO [MPa]	PAST Nº	TENSÃO [MPa]	PAST Nº	TENSÃO [MPa]
13	0,61	26	0,74	1	1,11
25	0,48	16	0,48	20	0,89
26	0,49	10	0,69	15	0,76
2	0,76	17	0,58	25	0,80
12	0,37	24	0,72	16	0,60
17	0,69	3	0,73	22	0,94
11	0,41	20	0,65	10	0,92
1	0,73	2	0,67	24	1,05
16	0,36	1	0,59	23	0,91
10	0,59	21	0,53	2	0,81
MÉDIA	0,45	MÉDIA	0,66	MÉDIA	0,83

Fonte: do autor

A média das resistências e os respectivos coeficientes de variação obtidos estão esquematizados no Gráfico 3.

Gráfico 3- Média das resistências de aderência e CV. (Impermeabilizante B)

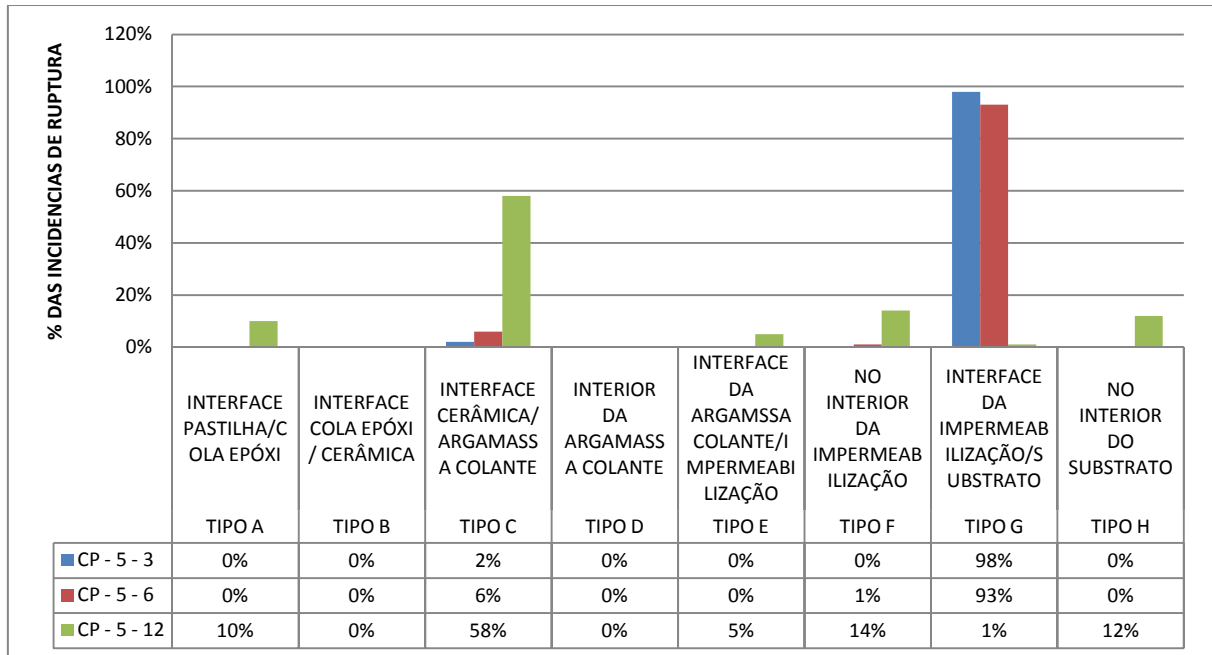


Fonte: do autor

Como ocorrido no caso anterior, a queda na resistência de aderência e o aumento considerável nos coeficientes de variação do CP-5-3 e do CP-5-6 foram ocasionados pela superfície lisa do substrato, assim como, a média de resistência acima da exigida pela norma e o coeficiente de variação com baixo valor ocorrido no CP-5-12 foi influenciado pela rugosidade da superfície.

O Gráfico 4 demonstra os tipos de ruptura ocorridos nos ensaios de resistência. Nota-se que a ruptura ocorrida na interface impermeabilização-substrato possui uma maior frequência (64%) se comparada às outras formas de ruptura, comprovando, neste caso, que a união mais frágil acontece entre a impermeabilização e o substrato.

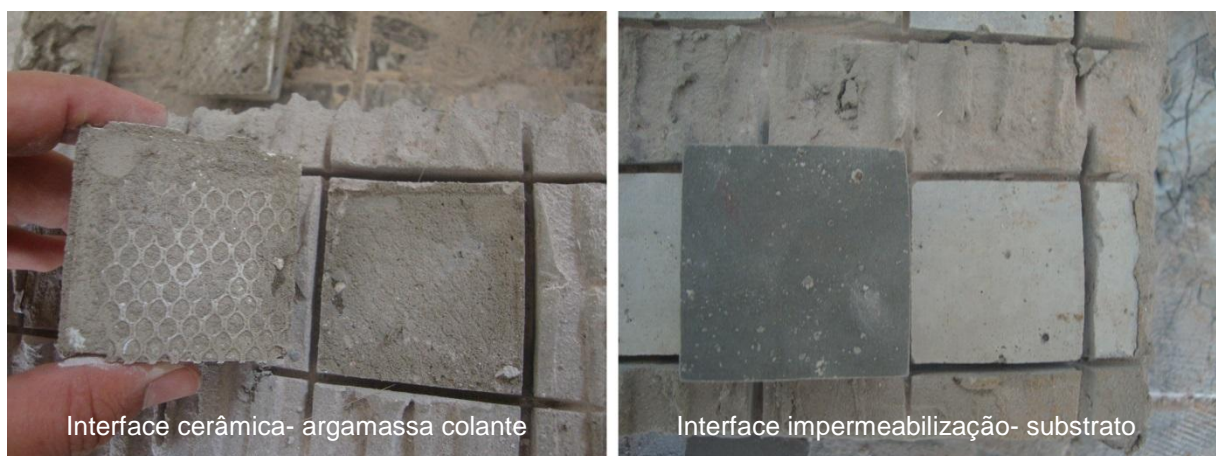
Gráfico 4- Média dos tipos de ruptura (Impermeabilizante B)



Fonte: do autor

Os ensaios utilizando o Impermeabilizante B obtiveram o mesmo comportamento relacionado às formas de ruptura do Impermeabilizante A, ocorrendo, portanto, no substrato rugoso a ruptura na interface cerâmica-argamassa colante e no substrato liso a ruptura na interface impermeabilização-substrato, como ilustrado na Figura 20.

Figura 20- Formas de ruptura predominantes (Impermeabilizante B)



Fonte: do autor

A Figura 21 ilustra as superfícies dos substratos utilizados nos ensaios do impermeabilizante B. Nela é possível visualizar a diferença da rugosidade do CP-5-12 para os demais corpos-de-prova.

Figura 21- Superfícies dos substratos (Impermeabilizante B)



Fonte: do autor

4.3 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DO IMPERMEABILIZANTE C

Neste terceiro caso, serão analisados os corpos-de-prova no qual foi aplicado o impermeabilizante C. Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à aderência estão expressos na Tabela 13.

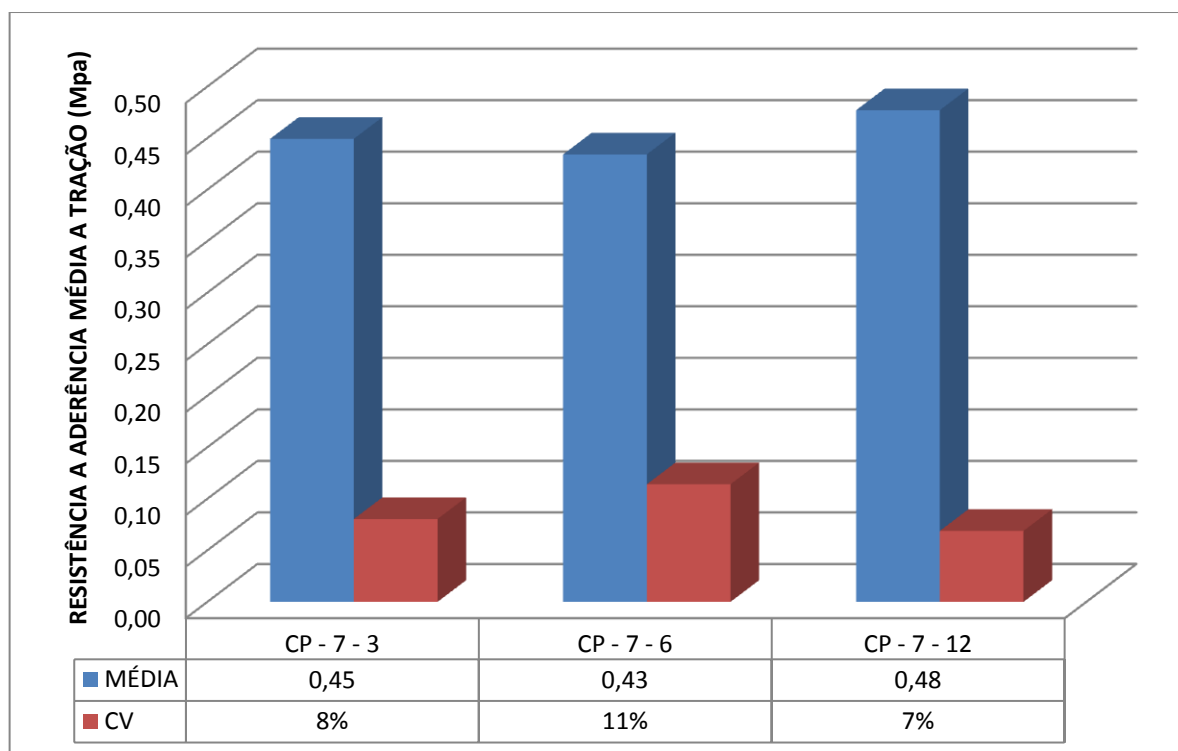
Tabela 13 - Resistência à aderência Impermeabilizante C

CP - 7 - 3		CP - 7 - 6		CP - 7 - 12	
PAST Nº	TENSÃO [MPa]	PAST Nº	TENSÃO [MPa]	PAST Nº	TENSÃO [MPa]
26	0,36	14	0,46	13	0,28
22	0,54	20	0,49	1	0,33
3	0,35	25	0,38	3	0,38
11	0,64	2	0,43	10	0,38
16	0,28	1	0,47	16	0,26
25	0,52	21	0,40	24	0,60
27	0,29	10	0,36	25	0,62
21	0,61	16	0,49	22	0,64
12	0,34	4	0,48	11	0,60
10	0,58	11	0,37	4	0,68
MÉDIA	0,45	MÉDIA	0,43	MÉDIA	0,48

Fonte: do autor

A média das resistências e os respectivos coeficientes de variação obtidos estão esquematizados no Gráfico 5.

Gráfico 5-Média das resistências de aderência e CV. (Impermeabilizante C)

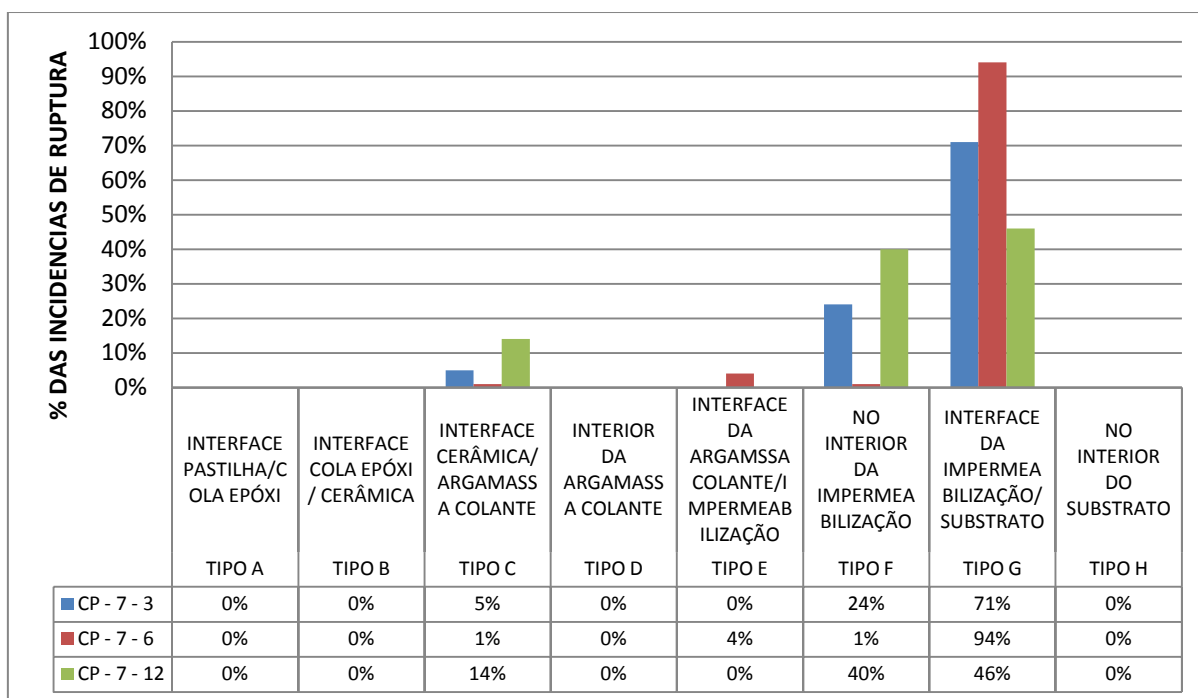


Fonte: do autor

Observa-se neste caso, que a variação das médias da resistência de aderência à tração não foi expressiva, mantendo-se equivalente. Este fato deve-se à superfície lisa presente em todos os corpos-de-prova, provocando assim uma linearidade de valores. Porém, os coeficientes de variação do CP-7-3 e do CP-7-12 foram mais altos do que o atingido pelo CP-7-6 devido a sua uniformidade nas tensões.

O Gráfico 6 demonstra os tipos de rupturas ocorridos nos ensaios de resistência. Nota-se que a ruptura ocorrida na interface impermeabilização-substrato possui uma maior frequência (70%) se comparada às outras formas de ruptura. Entretanto, ocorreram rupturas no interior da impermeabilização, ocasionadas, provavelmente, por falhas na sua aplicação.

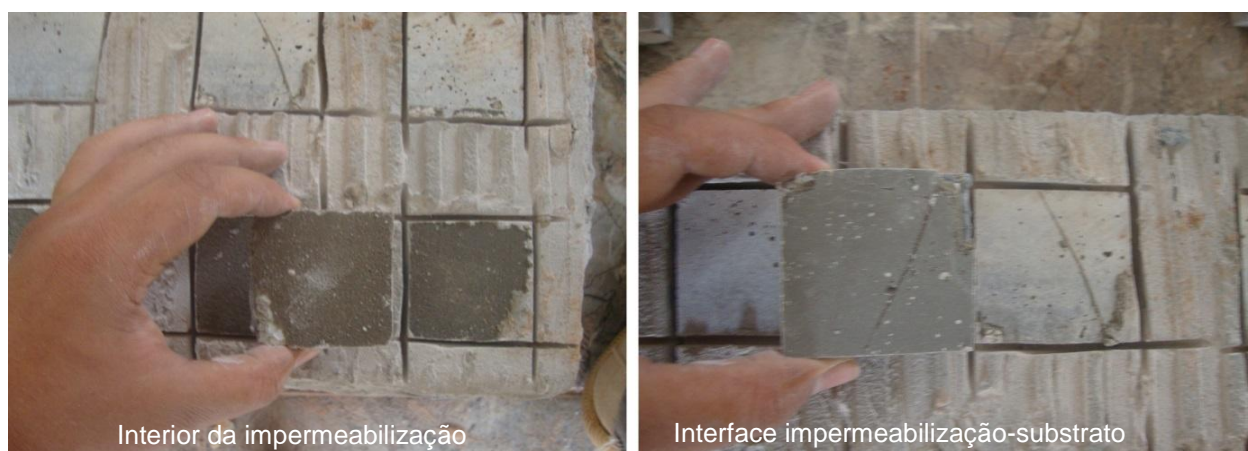
Gráfico 6- Média dos tipos de ruptura (Impermeabilizante C)



Fonte: do autor

A maioria dos corpos-de-prova que utilizaram o Impermeabilizante C obteve o mesmo comportamento relacionado às formas de ruptura, devido à uniformidade da superfície de seus substratos, ocorrendo, portanto, com maior frequência a ruptura na interface impermeabilização-substrato. Entretanto, em alguns corpos-de-prova pôde ser observadas rupturas no interior da impermeabilização, como ilustrado na Figura 22.

Figura 22- Formas de ruptura predominantes (Impermeabilizante C)



Fonte: do autor

A Figura 23 ilustra as superfícies dos substratos utilizados nos ensaios do impermeabilizante C. Nela é possível visualizar a uniformidade dos corpos-de-prova.

Figura 23- Superfícies dos Substratos (Impermeabilizante C)



Fonte: do autor

4.4 COMPARATIVO ENTRE OS IMPERMEABILIZANTES E O CORPO-DE-PROVA PADRÃO

Para realizar a comparação de resultados entre os três tipos de impermeabilizantes, executou-se um corpo-de-prova padrão (CPP), sem a presença de impermeabilizante, no qual foi utilizado como parâmetro para a análise dos demais.

A Tabela14 apresenta os valores da resistência de aderência à tração obtidos pelo corpo-de-prova padrão.

Tabela 14- Resistência à aderência Corpo-de-prova padrão

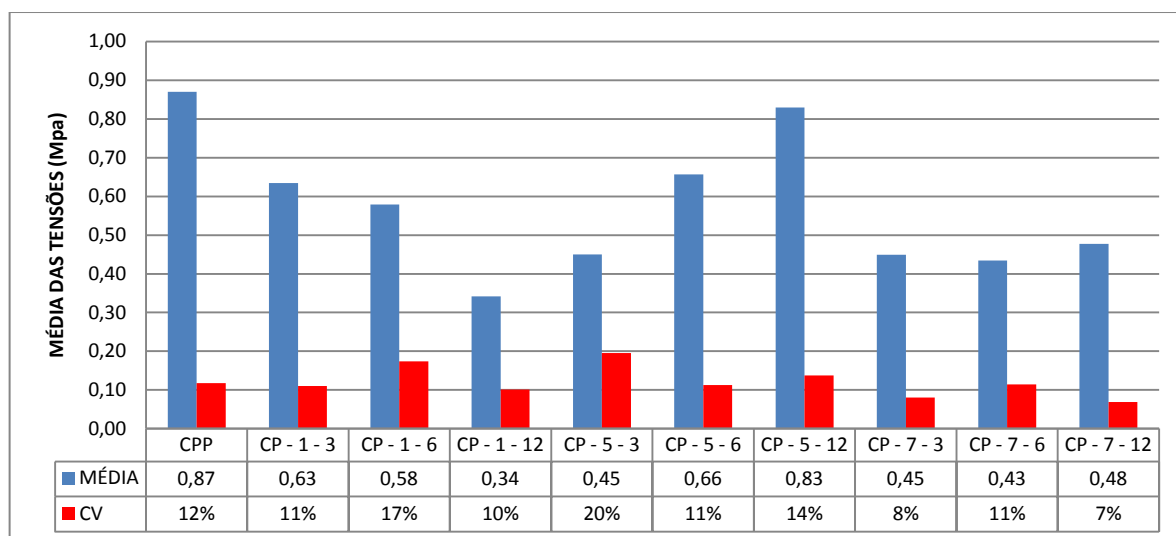
CPP	
PAST Nº	TENSÃO [MPa]
2	0,71
14	0,92
15	0,91
16	0,77
20	0,88
23	0,71
18	0,93
21	0,93
26	0,97
17	0,98
MÉDIA	0,87

Fonte: do autor

Averiguando o corpo-de-prova padrão percebe-se que todos os resultados referentes à resistência de aderência à tração foram acima do previsto na norma e seus respectivos coeficientes de variação admitiram baixos valores.

O Gráfico 7 demonstra a comparação das médias de resistências e os coeficientes de variação obtidos por todos os corpos-de-prova utilizados na execução deste trabalho.

Gráfico 7– Média das resistências de aderência e CV. (Comparativo)



Fonte: do autor

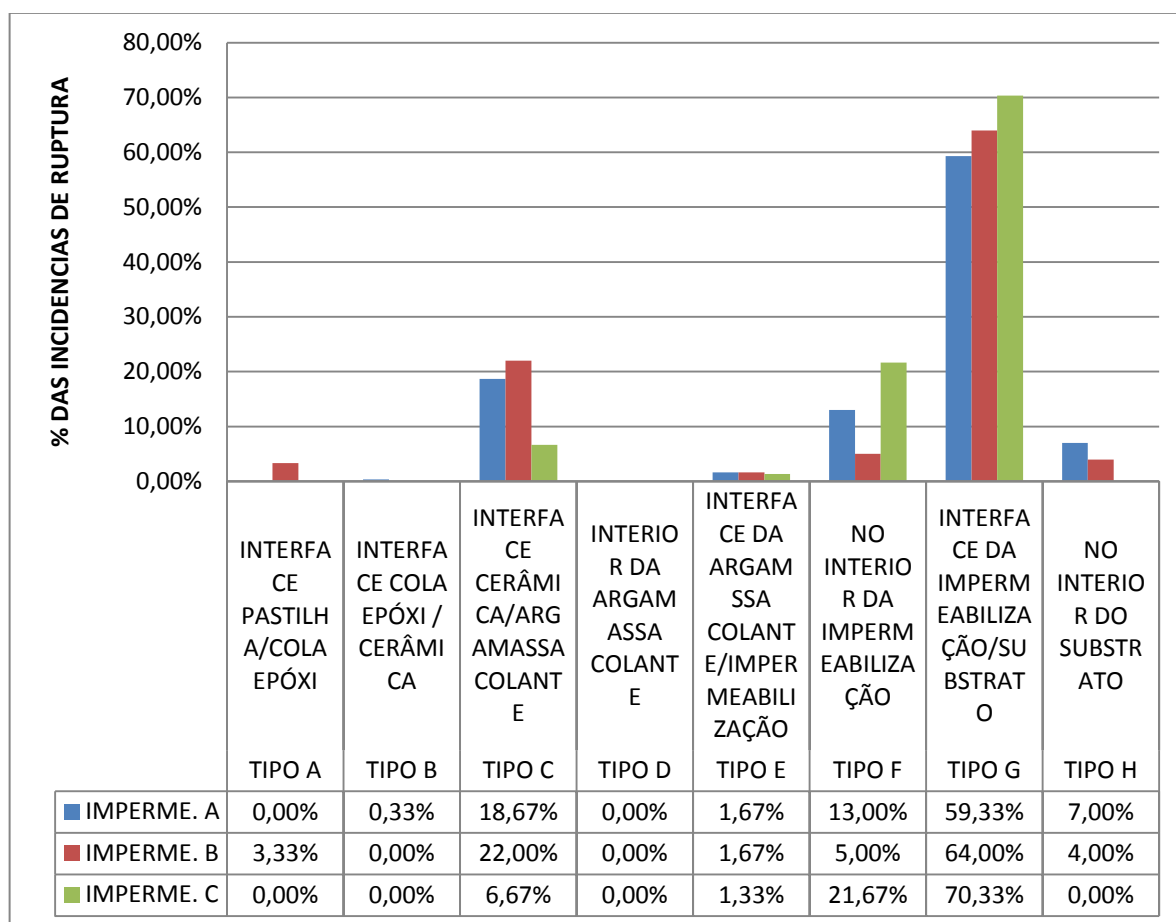
Averiguando os resultados obtidos constata-se que a resistência média a tração encontram-se acima do 0,3 MPa, conforme o previsto na norma NBR 14081-4 (ABNT, 2012). Contudo, o CP-1-12 mesmo obtendo uma média acima de 0,3 MPa não atendeu à norma, visto que, os deslocamentos ocorridos no corte e posicionamento do equipamento reprovaram o resultado do ensaio.

Foi possível observar que o diferencial entre os corpos-de-prova que utilizaram impermeabilizantes deu-se quanto à característica da superfície do substrato. Já no corpo-de-prova padrão os valores da resistência de aderência à tração foram superiores aos obtidos pelos corpos-de-prova impermeabilizados.

Percebeu-se, portanto, que se a superfície do substrato poroso e rugoso apresentou valores de resistência próximo aos do corpo-de-prova padrão, visto que, a aderência é influenciada pela ancoragem mecânica do impermeabilizante nos poros do substrato. Este fato, possivelmente, deve-se à capacidade de absorção de água do substrato, uma vez que, os poros são os principais responsáveis pela permeabilidade, como pode ser observado no CP-5-12.

O Gráfico 8 faz a análise comparativa dos tipos de rupturas ocorridas nos ensaios que utilizaram impermeabilizantes, ilustrando que na interface impermeabilização-substrato ocorreu maiores interferências.

Gráfico 8- Média dos tipos de ruptura (Comparativo)

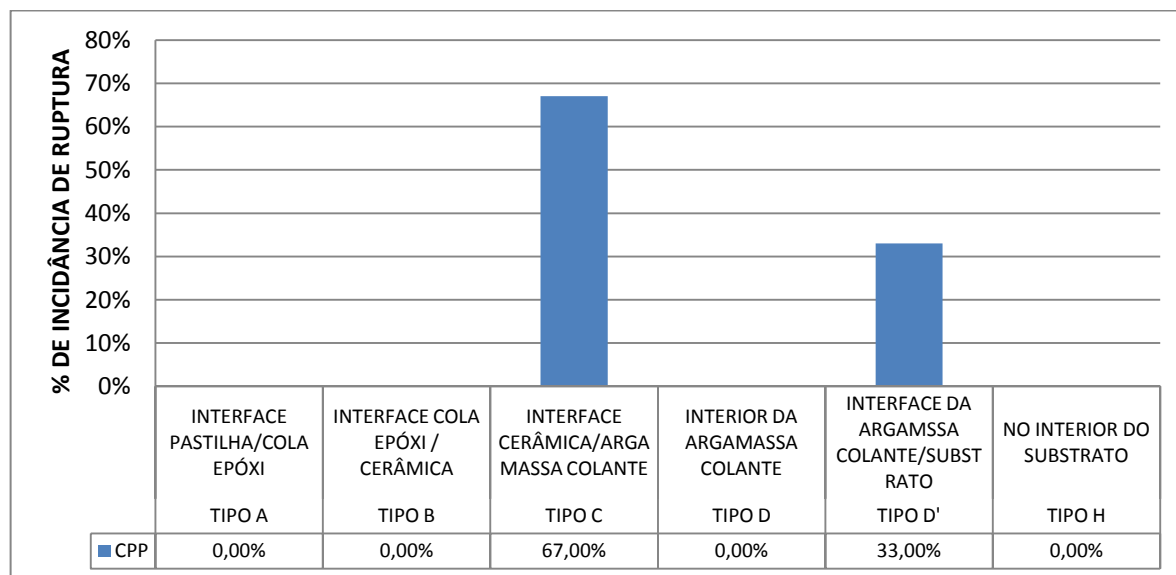


Fonte: do autor

O Gráfico 8 constata que a ligação mais frágil de todo o sistema ocorreu na interface impermeabilização-substrato seguida pela interface cerâmica-argamassa colante. Este fato indica que o tipo de ruptura mais predominante foi a adesiva, ruptura que provoca maiores valores de resistência e maiores chances de manifestações patológicas, indicando, portanto, que se houver falhas futuras do material, esta acontece, provavelmente, por erros no preparo da mistura e na aplicação.

O Gráfico 9 analisa os tipos de ruptura observados no corpo-de-prova padrão.

Gráfico 9- Média dos tipos de ruptura (Corpo-de-prova Padrão)

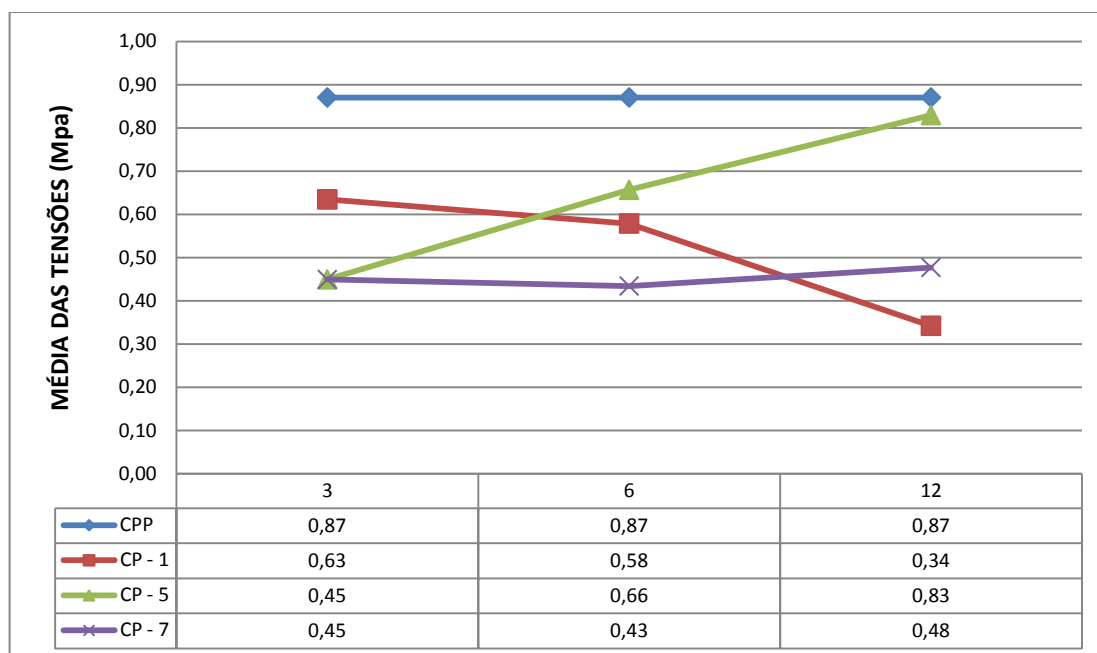


Fonte: do autor

No Gráfico 9 observamos que a forma de ruptura predominante foi a adesiva. É possível constatar então que na falta da impermeabilização o ponto de ligação mais frágil acontece na interface cerâmica-argamassa colante. Entretanto, nota-se que a utilização da impermeabilização ocasiona uma diminuição da aderência do sistema, pois esta torna a interface impermeabilização-substrato mais instável.

O Gráfico 10 ilustra o comparativo do CPP e dos demais corpos-de-prova impermeabilizados. Porém, o CPP foi inserido nos três intervalos de tempo apenas para efeito comparativo, pois o seu ensaio foi realizado sem variação de tempo.

Gráfico 10- Comportamento das médias das resistências de aderência (Comparativo)



Fonte: do autor

Por último a Tabela 15 traz um resumo dos resultados obtidos nos ensaios e se tais ensaios atendem ou não as exigências da norma NBR 14081-4 (ABNT, 2012).

Tabela 15- Resultados e análise global por painel

PAINEL		ATENDE A NORMA	MÉDIA (Mpa)	SUPERFÍCIE DO SUBSTRATO	C.V. (%)	RUPTURA ADESIVA?
PADRÃO	CPP	SIM	0,87	LISA	12%	SIM
Impermeabilizante A	CP-1-3	SIM	0,63	POROSA	11%	SIM
	CP-1-6	SIM	0,58	LISA	17%	SIM
	CP-1-12	NÃO	0,34*	LISA	10%	SIM
Impermeabilizante B	CP-5-3	SIM	0,45	LISA	20%	SIM
	CP-5-6	SIM	0,66	LISA	11%	SIM
	CP-5-12	SIM	0,83	POROSA	14%	SIM
Impermeabilizante C	CP-7-3	SIM	0,45	LISA	8%	SIM
	CP-7-6	SIM	0,43	LISA	11%	SIM
	CP-7-12	SIM	0,48	LISA	7%	SIM

* Menos de cinco resultados válidos

Fonte: do autor

5 CONCLUSÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar a influência do intervalo de assentamento do revestimento sobre diferentes camadas impermeabilizantes, o que possibilitou a formulação de algumas conclusões, as quais são listadas a seguir:

- Verificou-se que a aderência da impermeabilização varia em função da rugosidade do substrato, sendo maior nos substratos mais ásperos;
- Para todos os intervalos de tempo utilizados, obteve-se resultados satisfatórios, exceto para o Impermeabilizante A, que aos 12 dias não teve aprovação no quesito aderência, conforme a NBR 14081-4 (ABNT, 2012);
- Para os intervalos recomendados pelo fabricante, que varia de 5 a 7 dias, todos os produtos apresentaram resultados satisfatórios;
- A presença da camada impermeabilizante afeta a resistência de aderência, quando comparada com o substrato padrão. Pois em todas as combinações a resistência foi inferior a referência sem impermeabilização;
- Neste estudo não se observou influência na aderência em função do intervalo de assentamento do revestimento cerâmico quando examinado em condições de laboratório;
- Os valores de aderência não sofreram variação influenciada pelo tipo de impermeabilizante utilizado, e sim, pelo tipo de superfície do substrato, pois não foram observadas alterações significativas nos testes de resistência de aderência à tração assim como as formas de ruptura ocasionadas mantiveram uma singularidade.
- Não foi possível prever uma melhor idade para a aplicação do revestimento cerâmico sobre o substrato impermeabilizado, uma vez que, todos os corpos-de-prova, independente da idade e do tipo de impermeabilizante utilizado, obtiveram valores que obedeceram à norma. Logo, a melhor idade para a aplicação do revestimento encontra-se especificada pelo fabricante.

De forma geral, observou-se que os produtos atendem a aderência mínima de norma e aumentam com a rugosidade da superfície do corpo de prova, sendo que o intervalo de assentamento do revestimento não influencia negativamente na aderência quando realizado em laboratório.

5.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Replicar o estudo em obra, para verificar se as condições de temperatura, umidade e limpeza, como presença de poeira, vão afetar a aderência.
- Refazer o estudo em laboratório, utilizando placa padrão para garantir o mesmo tipo de rugosidade da superfície;
- Realizar os ensaios com cura submersa da argamassa colante, conforme NBR 14081-4 (ABNT, 2012).

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12171**. Aderência aplicável em sistema de impermeabilização composto por cimento impermeabilizante e polímeros - Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **NBR 14081-2**: Argamassa colante industrializada- Execução. Rio de Janeiro: (ABNT) 2012.

_____. **NBR 9575**: Impermeabilização - Seleção e projeto. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 12190**: Seleção da impermeabilização- Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

_____. **NBR 14081**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas- Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 13528**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 14081-4**: Argamassa colante industrializada-determinação da resistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ANDRADE, J. J. Propriedade dos Polímeros In: ISAIA, G.C. (Ed). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. V. 2. p. 1323-1350. São Paulo: Arte Interativa, 2010.

BAUER, E., VASCONCELOS, P. H., & GRANATO, S. E. Sistemas de impermeabilização e isolamento térmico In: ISAIA, G.C. (Ed). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. V. 2. p.1413-1446. São Paulo: Arte Interativa, 2010.

CARASEK, H. Argamassas. In: Isaia, G.C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. V. 2. p. 893-944. São Paulo: Arte Interativa, 2010.

CARASEK, H; CASCUDO, O. Descolamento de Revestimentos de Argamassa Aplicados sobre Estruturas de Concreto – Estudos de casos brasileiros. In: CONGRESSO NACIONAL DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 2, 2007, Lisboa. Anais.. Lisboa, 2007..

CASA ABRIL. **11 Dúvidas sobre pastilhas**. Disponível em: <<http://casa.abril.com.br/materia/11-duvidas-sobre-pastilhas>>. Acesso em: 25 mar 2014.

FIORITO, A. **Manual de Argamassas e Revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. São Paulo: PINI, 1994. 221p.

FREITAS Jr, J. A. **Construção civil II – Impermeabilização**. Universidade Federal do Paraná, 2006.

ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Arte Interativa, 2007.

JUNGINGER, M. **Revestimentos cerâmicos aderidos: aspectos técnicos no projeto de fachadas**. Disponível em: <<http://compar.eng.br/Public/Apostila%20Rev%20Ceramico.pdf>>. Acesso em: 11 abr 2014.

MANSUR, A. A. **Mecanismos Físico-Químicos de Aderência na Interface Argamassa Modificada com Polímeros/Cerâmica de Revestimento**. 2007. 100f. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MOSAICOR COMÉRCIO E IMPORTAÇÃO LTDA. **Benefícios das pastilhas de vidro**. Disponível em: <<http://mosaicor.com.br/beneficios-pastilhas-vidro.html>>. Acesso em: 25 Mar 2014.

OLIVEIRA, J. **Estudo das propriedades de argamassas colantes**. 2004. 100f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PAES, I. N., & GONÇALVES, S. R. Dos momentos iniciais pós-aplicação ao desenvolvimento da aderência. In: BAUER, Elton (Ed). **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: LEM – UNB: Sinduscon, 2005.

PICCHI, F. **Impermeabilização de coberturas**. São Paulo: Editora Pini, 1986.

PRETTO, M. E. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa**. 2007. 100f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SABADINI, J.C.S. ; MELHADO, B.S. **Considerações Gerais sobre os sistemas de impermeabilização dos pisos do pavimento-tipo de edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1998.

SIQUEIRA, F. **Curso de especialização em construção civil- Tecnologia de impermeabilização**. Disponível em: <www.demc.ufmg.br/dalmo>. Acesso em: 09 abr 2014.

SOUZA, J. **Impermeabilização dos pisos do pavimento tipo de edifícios: diretrizes para o projeto e sistemas empregados**. 1997. 100f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

STAHLBERG, F. L. **Fluxograma para seleção de sistemas de impermeabilização para edifícios de múltiplos pavimentos**. 2010. 100f. Trabalho de conclusão de

curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade de São Carlos, São Carlos, 2010.

VEDACIT. Manual técnico: **Impermeabilização de estruturas**. 7: ed, 2009.

VEDACIT. Manual técnico: **Aditivos para concretos e argamassas**. 6: ed, 2010.

VIAPOL. Manual Técnico - 13: ed, 2013.